This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

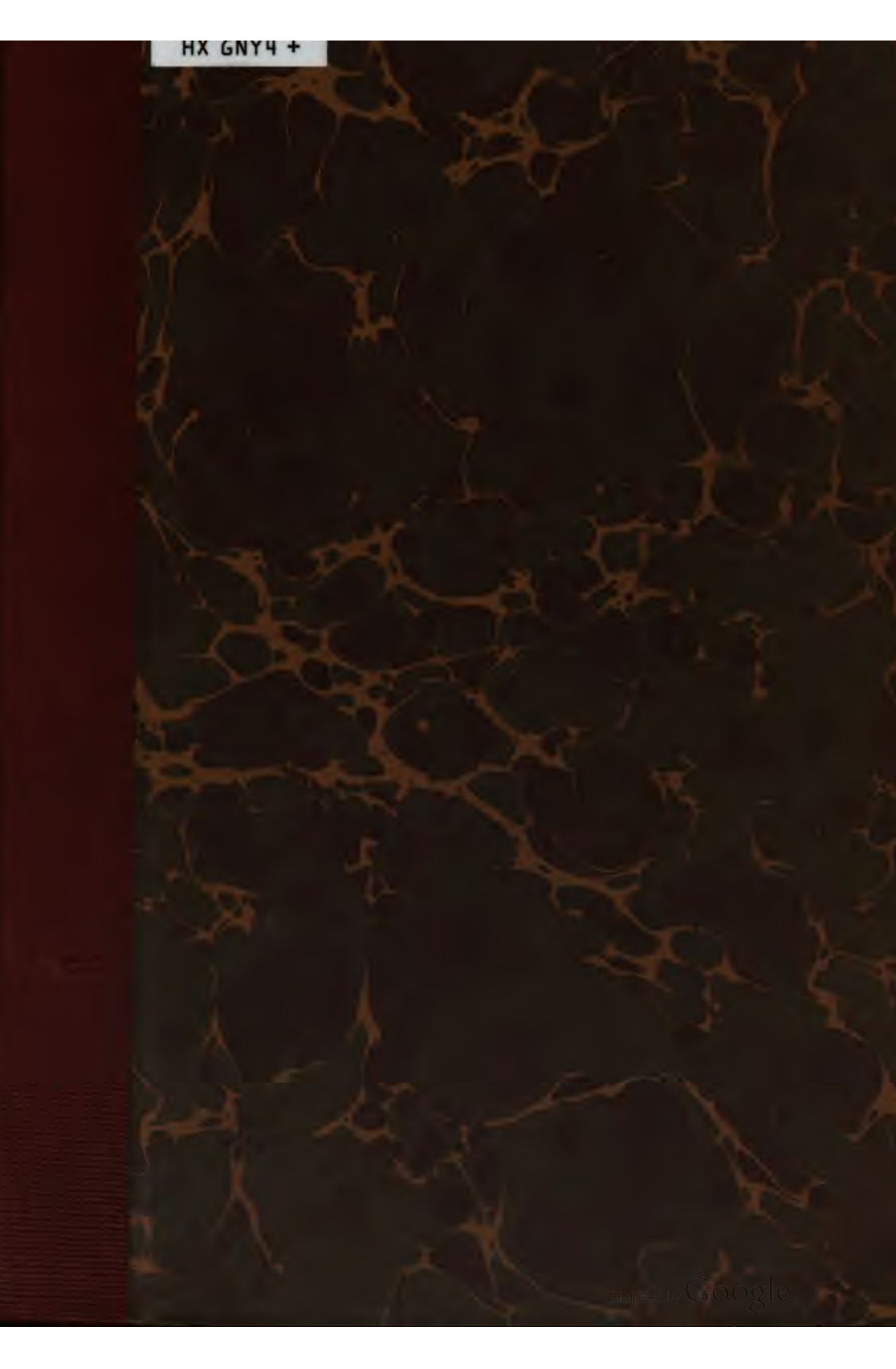
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

HX GNY4 +



Digitized by Google

Harvard University

LIBRARY OF THE

CHEMICAL DEPARTMENT

SCIENCE CENTER LIBRARY

HARVARD COLLEGE LIBRARY

BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787–1855)
OF BOSTON

FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY. A[redacted]CES
APPLIED TO TH[redacted]

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

Digitized by Google

17241. PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

Digitized by Google

MÉMORIAL

DES

POUDRES ET SALPÊTRES

PUBLIÉ PAR LES SOINS

DU SERVICE DES POUDRES ET SALPÊTRES,

AVEC L'AUTORISATION

DU MINISTRE DE LA GUERRE.

TOME QUATRIÈME.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

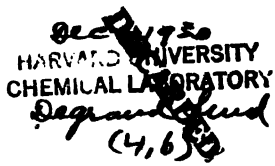
—

1891

(Tous droits réservés.)

Digitized by Google

Sci 1280.96
Chem Lab



Digitized by Google

PREMIÈRE PARTIE.

DOCUMENTS TECHNIQUES.

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTE

SUR L'ONDE EXPLOSIVE,

SUR LES DONNÉES CARACTÉRISTIQUES

DE LA DÉTONATION ET SA VITESSE DE PROPAGATION

DANS LES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES,

ET

SPÉCIALEMENT DANS LE NITRATE DE MÉTHYLE;

PAR

M. BERTHELOT,

Sénateur, membre de l'Institut,
Président de la Commission des substances explosives.

La propagation de la détonation dans les mélanges gazeux obéit à des lois très simples : elle donne naissance à une véritable onde explosive, assujettie aux lois fondamentales de la propagation des phénomènes ondulatoires, tels que le son. C'est ce que nous avons établi, M. Vieille et moi, par une longue suite d'expériences, faites sur les systèmes gazeux les plus divers (1).

Les vitesses de détonation observées dans les systèmes gazeux atteignent jusqu'à 2800^{m} par seconde : elles dépendent de la chaleur développée, et elles répondent à un état tel que la masse gazeuse conserve pendant la propagation du mouvement la totalité

(1) Voir mon traité *Sur la force des matières explosives*, t. I, p. 133.

Digitized by Google

de la force vive produite par la réaction chimique, c'est-à-dire la totalité de la chaleur dégagée par celle-ci : vérification fort importante, car elle prouve que les pressions dans un gaz qui détone se développent trop rapidement pour être influencées d'une manière notable par les déperditions de chaleur dues au rayonnement ou à la conductibilité, et elle paraît même exclure, dans la plupart des cas, l'hypothèse d'une dissociation un peu considérable.

Ces conclusions reposent sur trois séries d'expériences que je demande la permission de rappeler. Par les unes, nous avons constaté que la vitesse de l'onde explosive dans un même système est indépendante de la pression, sous des pressions qui ne surpassaient pas 2^{atm}, mais qui ont varié de 1 à 3 (1). Elle est également la même dans un tube en caoutchouc et dans un tube en métal, malgré la grande différence des deux enveloppes, au point de vue des pertes de chaleur par conductibilité et par rayonnement. Dans d'autres expériences, nous avons montré que les pressions développées dans un mélange explosif déterminé, brûlé à différentes températures initiales (dans un bain d'huile), sont sensiblement proportionnelles à la densité du système gazeux (2). Enfin la même conclusion résulte d'une façon plus rigoureuse encore des expériences faites sur *les mélanges gazeux isomères*, c'est-à-dire fournissant les mêmes produits de combustion, avec des dégagements de chaleur qui ont varié du simple au double; les pressions ayant varié précisément dans le même rapport que les quantités de chaleur développées au sein du système, et les mesures ayant été prises sur deux systèmes tels que le temps écoulé jusqu'au moment du maximum de pression (soit $0^s,014$) a été reconnu identique (3). Résultats d'autant plus décisifs qu'ils sont indépendants de toute hypothèse sur les lois et la constitution physique des gaz : il en est de même des conclusions auxquelles ils conduisent sur la constance des chaleurs spécifiques des gaz sous diverses pressions et sur leur variabilité, au contraire, avec la température.

---

(1) Ouvrage précédent, t. I, p. 150.
(2) *Ann. de chimie et de phys.*, 6e série, t. IV, p. 49.
(3) Même recueil, p. 50.

Digitized by Google

Le nouveau mouvement ondulatoire que nous avons découvert offre un caractère fort différent de celui du son; car les ébranlements, au lieu d'y être extrêmement petits, comme on les suppose d'ordinaire dans l'étude des phénomènes sonores, atteignent, au contraire, une très grande intensité, puisqu'ils répondent à une transformation chimique dans laquelle la température s'élève à plusieurs milliers de degrés, les phénomènes qui se propagent avec cette vitesse étant à la fois d'ordre chimique et d'ordre physique : double caractère qu'il importe de ne pas oublier, lorsqu'on veut les comparer avec les phénomènes physiques plus simples de la propagation du son.

Ces faits étant constatés, il a paru utile et nécessaire d'en poursuivre l'étude sur des matières plus condensées que les gaz et obéissant à des lois physiques très différentes, tels que les explosifs solides et liquides. Une telle étude expérimentale faisait nécessairement partie des travaux de la Commission des substances explosives, et ce sont les résultats observés par elle à cet égard que je vais exposer.

Un certain nombre ont déjà été décrits dans les *Annales de chimie et de physique* (6ᵉ série, t. VI, p. 556). Je rappellerai qu'ils ont été obtenus avec des tubes métalliques, plomb et étain, de grande longueur, 100^{m} par exemple, et de faible diamètre. C'est avec la nitromannite que nous avons atteint la vitesse maximum, 7700^{m} par seconde.

Pour pousser plus loin cette étude, j'ai pensé qu'il y avait lieu d'opérer méthodiquement avec une substance explosive homogène, très fluide, contenue enfin dans des tubes de résistance fort inégale, mais de masse comparable et, s'il se pouvait, assez résistants pour ne pas être brisés par l'explosion. Cependant ce dernier résultat n'a pas pu être atteint, les tubes les plus solides ayant été brisés, et il paraît même exister, comme il sera dit tout à l'heure, des raisons théoriques qui rendent l'expérience complète inexécutable.

En raison de cette circonstance, le mode de propagation du phénomène explosif est plus complexe, la masse qui se transforme ne demeurant pas dans un état uniforme, propagé de tranche en tranche. Mais l'état qu'elle présente n'en offre pas moins un grand intérêt, tant au point de vue des applications qu'à celui de la théo-

Digitized by Google

rie pure; car il manifeste les propriétés de la matière soumise à la fois à une température de 3000° à 4000° et à une pression de plusieurs milliers d'atmosphères.

Nous avons choisi, pour exécuter ces nouvelles expériences, le nitrate de méthyle, liquide très mobile, avec lequel il est facile de procéder au remplissage des tubes (1).

Définissons d'abord les données caractéristiques de la détonation du nitrate de méthyle, conformément à la méthode générale suivie dans mon traité *Sur la force des matières explosives*. Ce sont : les équations chimiques de la décomposition et les volumes gazeux spécifiques correspondants; la chaleur de formation du composé par les éléments et sa chaleur de décomposition; la pression développée par la détonation, sous diverses densités de chargement; enfin la vitesse de détonation, observée dans des tubes de diverses matières.

Équation chimique. — La formule du nitrate de méthyle étant $C^2H^2(AzO^6H)$, sa décomposition explosive ne peut guère donner lieu qu'aux deux systèmes suivants

$$CO^2 + CO + Az + 3HO \quad \text{ou bien} \quad 2CO^2 + Az + H + 2HO,$$

ou bien à un mélange de ces deux systèmes.

Volume gazeux spécifique. — Le volume gazeux spécifique, produit par ces deux systèmes (eau gazeuse), est représenté par la même formule, soit

$$66^{lit},96(1 + \alpha t), \text{ pour } 77^{gr} (2),$$

c'est-à-dire

$$870^{lit}(1 + \alpha t), \text{ pour } 1^{kg} \text{ de matière;}$$

ou bien encore

$$1028^{lit}(1 + \alpha t), \text{ pour } 1^{lit} \text{ de nitrate de méthyle liquide,}$$

la densité de ce corps étant 1,182 à la température ordinaire.

---

(1) M. Bruneau, ingénieur des poudres et salpêtres, doit être spécialement remercié du concours qu'il a donné à ces délicates et dangereuses expériences.

(2) La valeur de t varie suivant l'équation adoptée, mais entre des limites peu étendues.

Digitized by Google

Chaleurs de formation et de décomposition. — La chaleur de formation du nitrate de méthyle par ses éléments

$$C^2 + H^3 + Az + O^6 = C^2H^2(AzO^6H)$$

a été évaluée (*Force des matières explosives*, t. II, p. 194) à $+ 39^{Cal},6$; nombre qui devient $+ 39^{Cal},9$, d'après la nouvelle chaleur de combustion ($+ 94^{Cal},3$ pour 12^{gr}) du carbone, que nous avons mesurée avec M. Petit.

On en déduit pour la chaleur de décomposition, d'après la première équation : $+ 107^{Cal},7$; d'après la seconde : $+ 112^{Cal},6$, à pression constante, l'eau étant supposée gazeuse; soit pour 1^{kg} de nitrate de méthyle 1400^{Cal} et 1462^{Cal} respectivement. La moyenne, 1431^{Cal}, peut être appliquée sans erreur notable au phénomène réel.

Les données caractéristiques, pour 1^{kg} de la matière explosive, sont donc

$$870^{lit} \quad \text{et} \quad 1431^{Cal}.$$

Voici celles qui répondent aux matières explosives les plus énergiques, l'eau étant supposée gazeuse, et la décomposition faite sous pression constante :

	lit		Cal
Nitroglycérine.....	713	et	1459
Nitromannite.....	692	et	1427
Poudre-coton.....	859	et	1010

On voit que le nitrate de méthyle offre des valeurs voisines et même un peu supérieures, par rapport à celles qui répondent à la nitroglycérine et à la nitromannite.

Pressions de détonation. — Ces pressions ont été mesurées par M. Vieille avec des appareils crushers à piston pesant, lourd de 4^{kg}, afin de prévenir les à-coups de pression qui pourraient être enregistrés par des pistons trop légers. Le tarage a été fait par les méthodes ordinaires de MM. Sarrau et Vieille. Voici les résultats observés :

Densité de chargement Δ.	Pression p.
0,1.....	933^{kg}
0,2.....	2286

Digitized by Google

On déduirait de la moyenne de ces données, par un simple calcul de proportionnalité, une pression de 10360^{kg}, pour la densité de chargement égale à l'unité, et de 12000^{kg} environ, pour le nitrate de méthyle détonant dans son propre volume. Mais ce calcul n'est pas rigoureux, parce qu'il faut tenir compte du covolume, ou, plus exactement, du volume limite, au-dessous duquel les gaz ne peuvent être comprimés : covolume négligeable au voisinage de la pression ordinaire, mais qui joue un si grand rôle dans l'étude du point critique et de la compressibilité des gaz. En faisant intervenir cette donnée, et d'après une notation connue, on aura

$$p = \frac{f\Delta}{1-\alpha\Delta}, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad f = \frac{p(1-\alpha\Delta)}{\Delta};$$

p et Δ sont connus. Pour calculer α, nous prenons le covolume moyen $\frac{1}{1000}$ admis pour les gaz CO^2, CO, HO et Az, et le volume spécifique, 870^{lit}, qui répond à 1^{kg} : ce qui donne le nombre 0,87.

On en déduit, d'après la première expérience, les valeurs suffisamment concordantes :

$$\Delta = 0{,}1, \qquad f = 8518$$
$$\Delta = 0{,}2, \qquad f = 9441$$
$$\text{Moyenne...} \qquad 8980^{kg}$$

ou 9000^{kg}, en nombre rond.

Pour la densité 1,182, on aurait dès lors 10600^{kg} environ, valeur qui répondrait à la pression développée pour le nitrate de méthyle détonant dans son propre volume.

Pour le fulmicoton rapporté à la densité 1, on a trouvé précédemment une valeur voisine de 10000^{kg}; pour la dynamite, 10376^{kg}; pour la nitromannite, vers 11000^{kg}, etc.

Toutes ces matières, ramenées à une même densité de chargement, fournissent en effet, d'après l'expérience, des pressions voisines.

Vitesse de détonation. — Les expériences ont été exécutées par les mêmes méthodes que précédemment, avec du nitrate de méthyle contenu dans une série de longs tubes mis bout à bout, les vitesses étant enregistrées à l'aide des chronographes déjà décrits. La matière des tubes a été choisie de façon à en faire varier

Digitized by Google

la constitution physique et la résistance, dans les conditions les plus étendues; on a employé en effet des tubes élastiques en caoutchouc, des tubes de verre de diverses épaisseurs, des tubes en métal anglais, enfin des tubes d'acier offrant le maximum de résistance possible.

Voici le sommaire des résultats :

I. *Tubes en caoutchouc (entoilé).* — Diamètre intérieur 5^{mm}; diamètre extérieur 12^{mm}. Entre le premier et le deuxième interrupteurs, distants de 10^{m}, $v = 1616^{m}$ par seconde. Au delà, la propagation s'est faite irrégulièrement et a donné lieu à une seconde détonation, circonstance attribuable sans doute à la perturbation produite par la déchirure du tube.

Le tube a été déchiré en longues lamelles irrégulières, dirigées en général selon un plan passant par l'axe. Ce mode de rupture établit la presque instantanéité des réactions.

II. *Tubes de verre.* — On a fait varier le rapport du diamètre intérieur à l'épaisseur dans des limites très considérables : depuis celui de 3^{mm} (diamètre intérieur) à $4^{mm},5$ (épaisseur), jusqu'à celui de 5^{mm} (diamètre intérieur) à 1^{mm} (épaisseur). Au-dessous de cette épaisseur relative, il n'a pas été possible de poursuivre les essais, les tubes étant constamment brisés au voisinage de l'origine, quels qu'aient été les artifices mis en œuvre. Les expériences ayant été très nombreuses, nous nous bornerons à donner ici les résultats extrêmes.

Diamètre intérieur.	Épaisseur.	Vitesse par seconde.
mm	mm	m
3.....	4,5	2482
3.....	2	2191
5.....	1	1890

Ainsi, en général, la vitesse observée diminue avec l'épaisseur : ce qui signifie que la rupture des tubes ne se produit qu'à partir d'une certaine pression, variable avec leur résistance, et dont l'établissement exige un temps comparable avec la vitesse même de propagation de l'explosion. Rien n'indique, d'ailleurs, que cette vitesse ait approché de sa limite. Le verre le plus mince a résisté plus longtemps que le caoutchouc entoilé. Les tubes, d'ailleurs, sont pulvérisés.

Digitized by Google

III. *Tubes en métal anglais.* — 3^{mm} diamètre intérieur et $4^{mm},8$ épaisseur : vitesse 1230^{m}.

Ce métal offre peu de résistance et cède plus vite que le verre le plus mince; plus vite encore que le caoutchouc entoilé.

IV. *Tubes d'acier.* — Tubes étirés à la filière, en bouts longs de 5^{m} et recuits avec le plus grand soin, de façon à prévenir toute structure cristalline. 3^{mm} diamètre intérieur; 15^{mm} diamètre extérieur.

Premier essai. Du premier au deuxième interrupteur...	2084^{m}
Sur 20^{m}	2155
Deuxième essai	2094

Tous les tubes s'ouvrent pendant l'explosion et sont fendus le plus souvent suivant un plan diamétral, en formant des fragments en longues lamelles, tout à fait analogues à ceux des tubes de caoutchouc : similitude remarquable qui atteste l'homogénéité de l'acier et définit le caractère de son élasticité.

La vitesse observée avec l'acier est supérieure à celle du caoutchouc, sans atteindre tout à fait celle qui a été obtenue avec les tubes de verre les plus épais : circonstance attribuable à la rigidité de la matière de ces derniers. Les unes et les autres sont d'ailleurs fort inférieures aux vitesses de 6000^{m} à 8000^{m}, observées avec des matières solides comprimées, telles que le coton-poudre; ou pulvérulentes, telles que la nitromannite ou l'acide picrique. Je reviendrai tout à l'heure sur ce point.

La fracture de tubes d'acier aussi épais montre qu'il n'y a pas d'espérance de réussir à produire la détonation d'une matière explosive liquide dans un vase métallique, sans le briser, quelle qu'en soit l'épaisseur. Les raisons théoriques de ce fait méritent d'être développées.

La théorie de l'élasticité établit d'abord que la résistance d'un tube métallique ne croît pas indéfiniment avec son épaisseur. La résistance tend vers une limite déterminée, au delà de laquelle la paroi métallique se déchire, quelle qu'en soit l'épaisseur. Or les matières explosives liquides, telles que le nitrate de méthyle, offrent une particularité remarquable : le volume défini par leur densité est plus petit que le volume limite, au-dessous duquel les

Digitized by Google

gaz, ou les liquides produits par leur explosion, ne sont pas susceptibles d'être réduits par la pression développée, dans les limites de nos expériences. On sait, en effet, que les gaz ne peuvent pas être réduits indéfiniment par la compression, leur compressibilité diminuant de plus en plus, à partir d'une certaine limite. A fortiori en est-il de même des liquides, tels que l'eau, et des solides, que l'on ne saurait guère amener à un volume notablement moindre que celui qu'ils possèdent sous la pression normale : c'est ce qui avait fait croire autrefois que l'eau est incompressible, et ce que l'on cherche à représenter par la notion du covolume des gaz : la matière tend en quelque sorte vers un état limite, qui la rapprocherait d'un état de continuité absolue, les forces répulsives entre les particules croissant au delà de toute limite, au fur et à mesure que le rapprochement des molécules ultimes devient plus considérable.

Supposons, pour préciser, que les gaz produits par l'explosion du nitrate de méthyle : acide carbonique, oxyde de carbone, azote, eau gazeuse, à la température de 3000° environ développée par l'explosion, tendent vers une densité voisine de l'unité, densité dont ils paraissent approcher, en effet, aux basses températures de leur liquéfaction; l'hypothèse d'une pareille densité à 3000° est assurément excessive. Mais les considérations qui vont suivre n'en auront que plus de force. D'après ce chiffre, le volume possible de la masse gazeuse demeurera supérieur de près d'un cinquième à celui du nitrate de méthyle (densité 1,182) : ce qui signifie qu'ils développeront, dans l'espace occupé par ce liquide, une pression supérieure à toute grandeur expérimentale donnée. Dès lors, le vase sera nécessairement rompu, avant que la totalité de la matière ait détoné; et il le sera à un moment qui variera suivant sa propre résistance instantanée : résistance différente d'ailleurs de la résistance statique du même vase, telle qu'elle est mesurable au moyen de la presse hydraulique, comme on le fait en général, ou bien au moyen de la dilatation d'un liquide par la chaleur, comme j'ai proposé de le faire autrefois.

Les considérations que je viens d'exposer, à l'occasion du nitrate de méthyle, s'appliquent d'une façon générale aux matières dont on cherche à provoquer la décomposition dans leur propre volume. Soit, par exemple, l'eau oxygénée se décomposant en eau

Digitized by Google

et oxygène. La densité de l'eau oxygénée étant 1,452, celle de l'eau 1,0 et celle de l'oxygène liquide 0,9, d'après Wroblewsky ; le volume moléculaire des produits sera voisin de 56, celui du composé étant 23,4 : c'est-à-dire que la décomposition donne lieu à une dilatation de 54 centièmes, dilatation qu'aucune pression réalisable ne saurait compenser.

Soit encore le fulminate de mercure. Sa densité étant 4,43, son volume moléculaire égale 64,1. Or le volume des produits de sa décomposition (mercure liquide et oxyde de carbone supposé = 1) serait 99 : il y a donc dilatation des 55 centièmes. C'est cette grande densité et cette énorme dilatation, jointes à la vitesse de détonation, qui expliquent le caractère brisant du fulminate et la façon dont les gaz mêmes produits par son explosion laissent sur les métaux les plus durs des empreintes tracées comme au burin. J'ai insisté ailleurs sur ces points et j'ai montré comment ils expliquent les propriétés de détonateur, si caractéristiques dans le fulminate de mercure (1).

Soit encore l'azotate d'ammoniaque. Sa densité étant 1,71, son volume moléculaire sera $48^{cc},2$; le volume des produits étant 80, il y aurait dilatation de 65 centièmes, au moment de l'explosion.

Les relations que je signale en ce moment sont d'autant plus intéressantes qu'elles s'appliquent à des composés explosifs, c'est-à-dire tels que leur régénération au moyen des produits de décomposition exige une absorption de chaleur considérable. Cependant une semblable formation endothermique donne lieu à des contractions de volume énormes et non moins grandes que celles qui répondent aux combinaisons exothermiques les mieux caractérisées. C'est là un résultat d'une grande importance, parce qu'il contredit la généralité des rapports que l'on a souvent cherché à établir entre les changements de volume et la chaleur dégagée dans les réactions chimiques.

Mais revenons à l'étude des vitesses inégales, à partir desquelles on constate la rupture des vases remplis de matières explosives : cette étude donne lieu, en effet, à des considérations fort dignes d'intérêt, soit pour la théorie, soit pour la pratique.

A mesure que les pressions instantanées s'accroissent dans nos

(1) *Sur la force des matières explosives* (voir l'*Index*).

Digitized by Google

tubes d'une façon indéfinie, les vitesses de propagation du mouvement explosif qui en dépendent croissent nécessairement aussi de plus en plus; de telle sorte que les tubes les plus résistants et les plus rigides sont à la fois ceux qui supporteront les plus grandes pressions instantanées et ceux qui propageront l'explosion avec la plus grande vitesse avant de se fendre : ce que l'expérience vérifie. Dans des systèmes aussi condensés, la vitesse de propagation du mouvement explosif doit devenir comparable à celle du son dans les solides, vitesse qui atteindrait des valeurs voisines de 5000^{m} par seconde dans des solides suffisamment rigides, tels que le fer, le verre ou le bois de sapin, d'après les résultats obtenus par Wertheim sur les vibrations longitudinales des verges. On arrive à des valeurs du même ordre de grandeur d'après la considération du covolume, ainsi que le montre une note de M. Vieille, que je l'ai prié de rédiger et qui suit le travail actuel.

Examinons de plus près ce qui se passe dans la réalité, c'est-à-dire lorsqu'une matière explosive détone dans un tube, la détonation étant provoquée, à l'origine, par le choc violent du fulminate de mercure, qui porte aussitôt à l'extrême la pression initiale, la chaleur qu'elle dégage et les réactions chimiques, développées de tranche en tranche, qui en sont la conséquence.

Aucun régime régulier répondant à l'explosion de la matière dans son propre volume ne saurait s'établir, puisque le tube est nécessairement rompu, ainsi qu'il vient d'être montré. Cependant, si le tube est homogène, et la matière uniformément répandue, et douée d'une structure telle que les pressions et réactions puissent s'y propager de couche en couche d'une façon régulière, le tube se rompra aussi régulièrement, de proche en proche, au fur et à mesure que la pression propagée atteindra une certaine limite, et il pourra s'établir un régime de détonation spécial, qui dépendra des conditions réalisées dans le système. On observera alors une vitesse de propagation peu différente pour chaque système donné, mais très variable d'un système à l'autre, même avec une matière explosive déterminée.

C'est, en effet, ce qu'on reconnaît avec le nitrate de méthyle détonant dans les tubes d'acier, qui ont donné des vitesses de propagation à peu près constantes, voisines de 2100^{m}, et doubles en-

Digitized by Google

viron de ce qu'on a mesuré avec un tube en caoutchouc, rempli de la même matière. Les tubes de verre et le nitrate de méthyle ont fourni des résultats moins réguliers, parce que l'élasticité du verre n'entre pas en jeu de la même façon, ni avec la même régularité que celle de l'acier ou du caoutchouc ; cependant, les vitesses de propagation pour une épaisseur donnée tendent aussi vers certaines valeurs moyennes, croissantes avec l'épaisseur des tubes de verre.

Ce régime de détonation dépend de la nature de l'enveloppe, comme le montrent les faits ci-dessus et ceux dont il sera question tout à l'heure ; mais il dépend aussi de la structure propre de la matière explosive, ainsi que je vais le rappeler.

En effet, la nitroglycérine, dans des tubes de plomb de 3^{mm} de diamètre intérieur, a donné des vitesses voisines de 1300^{m}; tandis que la dynamite, dans des tubes métalliques pareils, atteint 2700^{m}. Ces nombres varient d'ailleurs notablement d'un essai à l'autre, comme on devait s'y attendre d'après les considérations précédentes.

On remarquera la vitesse beaucoup plus grande atteinte par la dynamite ; ce qui est conforme à des mesures analogues de M. Abel. Elle met en évidence l'influence de la structure de la matière explosive sur la vitesse de propagation de l'explosion : la nitroglycérine pure, liquide visqueux, transmettant le choc qui détermine la détonation bien plus irrégulièrement que la silice imbibée d'une manière uniforme avec le même liquide. La dynamite au mica produit des effets encore plus considérables, d'après les observations : ce qui pouvait être également prévu, en raison de la structure cristalline du mica, substance moins déformable que la silice amorphe.

Cette dernière induction est confirmée par les observations faites sur la nitromannite, substance solide cristallisée : elle paraît, en raison de cette circonstance, plus apte à transmettre la détonation que le nitrate de méthyle liquide ; et elle a donné, en effet, sous des densités de chargement égales à 1,9, dans des tubes de plomb de $1^{m},9$ de diamètre intérieur, des vitesses à peu près régulières de 7700^{m}. De même, l'acide picrique, également cristallisé : 6500^{m}. Ce contraste entre le nitrate de méthyle liquide et les composés nitriques cristallisés est, on le voit, tout à fait d'ac-

Digitized by Google

cord avec celui qui a été observé entre la nitroglycérine et les dynamites.

Au contraire, dans certains systèmes pulvérulents, rapprochés d'une continuité complète par une compression suffisante, l'expérience prouve qu'il existe une limite de compression, au delà de laquelle l'amorce au fulminate ne fait plus détoner la masse : c'est là, du moins, ce qui a été observé avec certaines poudres au chlorate de potasse.

L'influence de la structure de la matière explosive sur le régime de détonation étant ainsi mise en évidence, citons de nouveaux faits, propres à manifester l'influence propre de l'enveloppe. Quelques-uns ont été signalés plus haut avec le nitrate de méthyle. En voici d'autres observés avec la poudre-coton.

Le coton-poudre comprimé, sous des densités de chargement telles que 1 et 1,27, dans des tubes de plomb de $3^{mm},15$ de diamètre intérieur, a donné des vitesses de 5400^{m}; tandis qu'à une densité de chargement à peu près moitié moindre (0,73), dans un tube de plomb de $3^{mm},77$ de diamètre intérieur, on a observé 3800^{m} : inégalité due évidemment à la moindre continuité de la matière. Dans un cordeau souple, peu résistant, formé par une simple tresse, avec une densité de chargement de 0,65, la vitesse est même tombée à 2400^{m}. Mais la faible résistance de l'enveloppe peut être compensée par la masse de l'explosif, laquelle s'oppose, dans la partie centrale surtout, à l'écoulement instantané des gaz. En effet, M. Abel, avec des cartouches de coton comprimé sec, d'un diamètre décuple des cordeaux précédents, placées bout à bout, à l'air libre, a observé des vitesses de 5300^{m} à 6000^{m}.

Il me paraît inutile de m'étendre davantage sur les faits exposés dans cette note. Ils montrent que l'onde explosive n'existe, avec ses caractères simples et ses lois définies, que dans la détonation des gaz ; ces lois et ces caractères ne subsistant qu'en partie dans la détonation des liquides et des solides, tout en demeurant assujetties aux mêmes notions générales de dynamique physico-chimique.

Paris, 5 janvier 1891.

Digitized by Google

DE L'INFLUENCE
DU COVOLUME DES GAZ
SUR LA
VITESSE DE PROPAGATION DES PHÉNOMÈNES EXPLOSIFS;

PAR

M. VIEILLE,

Ingénieur des poudres et salpêtres.

La notion du covolume a été introduite par M. Sarrau dans l'étude des phénomènes explosifs, et elle a été appliquée par MM. Mallard et Le Chatelier à la détermination des températures de réaction et de la loi de variation des chaleurs spécifiques des gaz (1). Elle joue un rôle important dans les phénomènes dont les produits de la décomposition des explosifs sont le siège.

La vitesse de propagation, dans un fluide quelconque, d'un ébranlement assez petit pour qu'on puisse négliger le carré des dilatations, est donnée rigoureusement par la formule connue $V = \sqrt{\frac{\gamma E}{\rho}}$, dans laquelle E représente l'élasticité à température constante du milieu, c'est-à-dire le rapport $-v\frac{dp}{dv}$ de l'accroissement infiniment petit de pression à l'accroissement relatif de volume dans une transformation isotherme, ρ la densité du milieu et γ le rapport de ses chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant.

(1) *Bulletin de la Société de physique*, juillet 1888.

Digitized by Google

Pour les gaz à grande densité et à haute température qui résultent de la décomposition des explosifs dans les conditions ordinaires de leur emploi, l'élasticité cesse d'être proportionnelle à la densité ou au poids spécifique Δ, comme cela a lieu pour les gaz parfaits. On tire, en effet, de la relation $p = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta}$, à laquelle se réduit la formule de Clausius pour les fluides à haute température,

$$E = \Delta \frac{dp}{d\Delta} = \frac{f\Delta}{(1 - \alpha\Delta)^2},$$

relation qui montre que E croît beaucoup plus rapidement que le poids spécifique du milieu Δ, lorsque ce poids spécifique se rapproche de l'inverse du covolume α.

Il en résulte que la vitesse de propagation d'un ébranlement très petit, telle que la vitesse du son dans un fluide à haute température, croît elle-même rapidement avec la condensation gazeuse, de façon à dépasser toute limite pour des valeurs du poids spécifique voisines de l'inverse du covolume.

Il est facile de reconnaître que, pour la plupart des matières explosives puissantes, cette densité limite est inférieure ou au plus égale à celle de la matière explosive elle-même, et que, par suite, si la décomposition de la matière s'opérait sous son propre volume, la vitesse de propagation dans ce milieu pourrait dépasser toute grandeur imaginable. Dans de telles matières, les phénomènes seront dès lors très différents de ceux qui se développent dans les mélanges gazeux explosifs proprement dits. Pour le coton-poudre, par exemple, la valeur du covolume relative à l'unité de poids de la substance est voisine de l'unité : MM. Mallard et Le Chatelier ont donné le chiffre de 0,87 qu'ils ont déduit de la connaissance des covolumes des divers produits de la décomposition (1), et que M. Sarrau a lui-même calculé d'après les expériences de compressibilité de M. Amagat (2).

La mesure directe des pressions développées en vase clos par le coton-poudre conduit à un nombre un peu supérieur et très voisin de l'unité. Il en résulte que, pour des densités des produits de la combustion comprises entre 1 et 1,15, la vitesse de propagation

(1) Mallard et Le Chatelier, *loco citato*.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XCIV; 1882.

Digitized by Google

dépasserait toute grandeur assignable. Cette vitesse calculée, qui est de 1271^m par seconde pour une densité de 0,1, atteindrait 5700^m pour la densité de 0,8 et 11400^m pour la densité de 0,9.

Ces densités sont inférieures à celle du coton-poudre comprimé utilisé dans les usages militaires, qui varie de 1,00 à 1,20.

On est naturellement conduit à rapprocher ces nombres des vitesses énormes de propagation de l'onde explosive dans le coton-poudre, vitesses atteignant jusqu'à 7000^m et qui ont été signalées par M. Berthelot comme résultant des expériences exécutées tant en France qu'à l'Étranger (1).

Quelle que soit l'idée qu'on se fasse du mécanisme intime de la propagation de l'explosion d'une tranche à la tranche voisine, que cette propagation résulte d'une compression brusque ou d'une vitesse d'écoulement des produits gazeux à haute température dans la portion de l'explosif qui n'a pas encore subi la transformation, il est évident que la vitesse de propagation d'un ébranlement joue un rôle essentiel dans le phénomène.

Toutes les formules relatives à l'écoulement permanent des fluides contiennent, en effet, comme facteur cette vitesse de propagation : elle figure de même dans la valeur limite obtenue par M. Hugoniot pour la vitesse d'écoulement en régime variable d'une masse gazeuse indéfinie (2).

Nous sommes donc amené à penser que, si la densité des produits de la décomposition d'un explosif, tel que le coton-poudre, atteignait la densité de l'explosif qui leur a donné naissance, la vitesse de propagation de l'explosion atteindrait, non seulement les valeurs considérables déjà signalées, mais des valeurs croissant au delà de toute limite. Il est facile de comprendre que ce cas extrême ne saurait être atteint, parce que les densités qui assurent ces vitesses de propagation indéfiniment croissantes déterminent également des pressions indéfiniment croissantes, que la résistance des enveloppes ne permet pas de réaliser.

Paris, 5 janvier 1891.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. C; 1885.
(2) *Journal de l'École polytechnique*, LVIII^e cahier; 1889.

Digitized by Google

NOTE

SUR

LES PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS

A LA

FABRICATION DU COTON-POUDRE DE GUERRE

A LA POUDRERIE NATIONALE DU MOULIN-BLANC;

PAR

M. GUINOT,

Sous-ingénieur des poudres et salpêtres.

La fabrication du coton-poudre a pris, depuis quelques années, une extension considérable. En même temps, des perfectionnements importants ont été apportés à la plupart des opérations, et ont permis d'améliorer notablement les produits fabriqués au point de vue de l'homogénéité et de la stabilité, tout en réduisant le prix de revient. Des dispositions ont été prises pour se mettre à l'abri, pendant la saison d'été, de l'influence sur le trempage de l'élévation de la température extérieure. La ventilation des ateliers de trempage et de turbinage, si importante au point de vue de l'hygiène des ouvriers et de la régularité du travail, a été également améliorée. Enfin, l'installation de la fabrication de l'acide nitrique, en permettant l'utilisation des acides résiduaires, qui jusqu'alors avaient dû être vendus à vil prix, a eu comme conséquence une réduction importante du prix de revient du coton-poudre.

Digitized by Google

Nous allons passer en revue, en suivant l'ordre des opérations de la fabrication, ces différents perfectionnements.

§ I. — Coton-poudre.

Choix du coton. — Les déchets de coton achetés actuellement pour la fabrication du coton-poudre sont de meilleure qualité qu'autrefois. On recherche le coton à fils longs, mélangés le moins possible d'ouate. Il est ainsi plus facile à retirer de l'auge après trempage; il emporte avec lui, et sans abaissement du degré de nitrification, une proportion moindre d'acide, et donne lieu à de moindres pertes de matière aux turbinages et aux lavages. Il faut de plus qu'il soit bien blanc, et que le taux de matières grasses qu'il contient et qui pourraient, par la production au trempage de certains composés instables, donner lieu à des difficultés dans le lavage ultérieur du coton-poudre, ne dépasse pas 1 pour 100 environ.

Avec la qualité choisie, le prix du coton s'est élevé, mais cette augmentation de prix, qui n'a guère été d'ailleurs que de $0^{fr},15$ par kilogramme, est largement compensée par les avantages que nous venons d'indiquer.

Préparation du coton. — On a renoncé à l'emploi, avant le triage du coton, de l'appareil appelé berlaudoir, qui est peu commode et donne lieu à la production d'une assez forte proportion d'ouate. Mais le coton est, après le triage, passé dans une carde analogue à celle qu'on emploie en Angleterre dans les fabriques de coton-poudre. Cet appareil sépare les fils du coton et le met sous la forme d'une toison qu'on enroule à la sortie en rouleaux ayant le diamètre des cylindres sécheurs, dans lesquels ils sont ensuite chargés au nombre de 3 par cylindre.

L'adoption du cardage, avec mise en rouleaux du coton, a eu une heureuse influence sur le séchage. Avec la même charge par cylindre, la durée de cette opération, pour abaisser l'humidité au-dessous de 1,50 pour 100, n'est plus, au lieu de 6 à 7 heures, que de 5 à 6 heures. Le séchage est, en outre, plus régulier, car, avec les rouleaux, on peut éviter dans la charge les irrégularités de tassement qui se produisaient, malgré toutes les précautions,

Digitized by Google

avant la mise en service de la carde, et qui obligeaient à de fréquents resséchages.

Trempage et réaction. — La composition du mélange acide n'a pas reçu de modifications, non plus que l'opération du trempage proprement dit. On s'est attaché seulement à réduire, en augmentant l'énergie et la durée de la compression sur la grille de l'auge, le poids d'acide emporté par le coton : on a pu ainsi ramener la consommation d'acides par kilogramme de coton-poudre de 8^{kg} à $7^{kg},75$, et cela sans nuire à la nitrification dans les pots.

La durée de la réaction en pot, qui était d'abord de 24 heures, n'est plus maintenant que de 12 heures. Cette réduction ne paraît pas avoir eu d'influence sur la composition du coton-poudre.

Turbinages et immersion. — Le turbinage acide n'a pas été modifié, mais le procédé d'immersion a été complètement transformé. Aux anciennes cuves en fonte isolées, où l'on se bornait à faire, en renouvelant l'eau qu'elles contenaient, 2 ou 3 lavages et d'où le coton-poudre sortait encore très acide, on a substitué 2 grandes caisses en bois, divisées chacune en 3 compartiments communicants et que parcourt constamment un fort courant d'eau. La charge de chaque turbine acide est immergée dans l'une de ces caisses, dans le compartiment opposé à celui où arrive l'eau, puis passe successivement, pour être lavée, dans les deux autres, en rencontrant ainsi de l'eau de moins en moins acide. Le coton-poudre à la sortie de la première caisse est turbiné, puis jeté dans l'autre caisse, dans les trois compartiments de laquelle il passe encore en sens inverse du courant d'eau. Il subit alors un second turbinage. Ce lavage est complété par l'action, pendant chaque turbinage, d'un jet d'eau puissant qui vient traverser la couche de matière appliquée contre les parois du panier. Après ces opérations, non seulement le coton-poudre n'est plus acide au goût, mais encore l'eau du dernier lavage, à la sortie de la turbine, n'agit plus sur le papier bleu de tournesol.

L'adoption de ce système de lavage à eau froide a contribué certainement à améliorer le lavage à eau chaude et à atténuer l'attaque, autrefois si rapide, des parties métalliques des cuves de lavage, dans le début de l'opération.

Digitized by Google

Ventilation. — Les opérations de trempage, de turbinage acide et d'immersion produisent des vapeurs acides qui incommodent les ouvriers, et dont il faut se débarrasser par une ventilation énergique. Cette condition est maintenant bien réalisée pour le trempage et le turbinage. Quant aux cuves d'immersion, les dispositions de l'atelier du Moulin-Blanc n'ont pas encore permis de les ventiler, mais on va probablement modifier sous peu l'installation, de façon à remédier à ce défaut.

Refroidissement des auges. — Les auges de trempage sont refroidies généralement par un courant d'eau pris sur la conduite de distribution de la poudrerie. Mais, pendant une partie de la saison d'été, ce refroidissement peut devenir insuffisant. Le nombre de prises en feu pendant la réaction augmente alors; le coton-poudre obtenu est moins nitrifié et plus soluble. A l'époque où la production ne dépassait pas 200^{kg} de coton-poudre par jour en moyenne, on évitait cet inconvénient en prenant au trempage une avance suffisante pour pouvoir se dispenser de faire fonctionner l'atelier pendant les chaleurs; mais ce moyen a cessé d'être applicable quand il a fallu élever la production journalière à 2000^{kg}. On a alors installé, en 1888, 2 appareils réfrigérants, système Mignon et Rouart, capables d'absorber chacun 12 000^{cal} par heure, et qui agissent sur une dissolution incongelable de chlorure de calcium qu'on fait circuler au moyen de pompes dans les bacs de refroidissement des auges. Ces appareils ont donné des résultats satisfaisants. Pendant l'été de 1890, on est parvenu, en faisant fonctionner un appareil sur une série de 8 auges, à abaisser la température du mélange acide de 6 à 8 degrés au-dessous de celle du même mélange dans l'autre série semblable, refroidie par le courant d'eau ordinaire. Dans ces conditions, on a pu obtenir du coton-poudre ayant à peu près les mêmes qualités chimiques que pendant la saison d'hiver, alors que les auges, refroidies à la façon ordinaire, donnaient du coton-poudre dont la solubilité était notablement supérieure à la limite de 13,33 pour 100, imposée pour les commandes de la marine.

Lavage. — Le lavage est l'opération de la fabrication du coton-poudre la plus délicate, et celle qui a donné lieu aux plus grandes difficultés.

Digitized by Google

Dans l'ancien procédé, on faisait d'abord un lavage à eau chaude, avant le pilage, à la suite duquel le coton-poudre donnait de 6 à 8 minutes à l'épreuve de chaleur; puis, après pilage, un lavage à eau froide, dans les laveurs, qu'on prolongeait jusqu'à ce qu'on obtînt 10 à 12 minutes. Le lavage à eau chaude, dans lequel on employait alternativement de l'eau pure et de l'eau alcaline, était compliqué et exigeait une grande consommation d'eau et de vapeur; le lavage à eau froide était long et donnait lieu, à chaque renouvellement de l'eau du laveur, à des pertes assez grandes de matière. De plus, ce procédé ne pouvait réaliser les nouvelles conditions de stabilité, à l'épreuve de chaleur, imposées au coton-poudre. On en chercha donc un autre.

A cette époque, on pratiquait, à la fabrique anglaise de Stowmarket, une méthode de lavage qui donnait la stabilité demandée, sans qu'on eût recours aux laveurs de pâte, et qui consistait à faire subir au coton-poudre, dans des cuves, 14 à 15 lavages de 4 heures, avec de l'eau pure maintenue à l'ébullition par un courant de vapeur. On essaya d'appliquer cette méthode au Moulin-Blanc; mais, pour obtenir le même degré de purification, il fallut faire, non pas 14 à 15, mais 30 à 32 lavages, ce qui n'était plus pratique.

On rechercha les causes de cet insuccès, et on trouva qu'il devait être attribué à la différence de composition des eaux employées dans les deux fabriques, celles de Stowmarket renfermant une assez forte proportion de bicarbonates calcaires, tandis que celles de Moulin-Blanc n'en contiennent pas. Cette opinion fut confirmée quelque temps après, lors de l'installation du lavage à la poudrerie d'Angoulême, dont les eaux ont une teneur en bicarbonates à peu près égale à celles de Stowmarket et où le lavage anglais réussit complètement.

Pour continuer dans cette voie, il fallait donc donner artificiellement à l'eau du Moulin-Blanc les qualités qui lui manquent pour le lavage. On essaya, pour cela, l'addition de certaines proportions de carbonate de chaux, de carbonate de soude, de carbonate d'ammoniaque, et c'est à l'emploi de ce dernier qu'on s'arrêta. On put alors reproduire à peu près les conditions du lavage anglais avec de l'eau additionnée de 200^{gr} de carbonate d'ammoniaque par mètre cube.

Digitized by Google

Cependant, avec l'installation du Moulin-Blanc, l'application de ce procédé ne donnant pas encore la production demandée, on le combina avec celui qu'on employait au laboratoire pour le lavage des échantillons, en réduisant la durée des lavages et en en diminuant le nombre au prix de l'addition d'une plus forte proportion de carbonate. C'est ce procédé mixte qu'on emploie maintenant. Il consiste à faire 8 lavages de 1 heure $\frac{1}{2}$ à 2 heures d'ébullition, en faisant agir à chaque opération $0^{mc},750$ d'eau environ sur 75^{kg} de coton-poudre; le premier et les deux derniers sont faits avec de l'eau pure, les autres avec de l'eau additionnée d'environ 280^{gr} de carbonate d'ammoniaque par mètre cube et chauffée dans des réservoirs spéciaux. Si, après ces lavages, l'épreuve de chaleur est inférieure à 18 minutes, ce qui arrive environ une fois sur cinq, on en fait 4 de plus, 2 à l'eau alcaline, 2 à l'eau pure.

Cette méthode n'a pas, comme on le voit, la simplicité du procédé anglais et peut donner lieu à des erreurs de la part des ouvriers; mais on recherche, en ce moment, à la modifier de façon à la rendre plus simple, en même temps qu'à diminuer le nombre des relavages.

Pilage. — Le pilage a été perfectionné sous le rapport du degré de finesse de la pâte, qui est maintenant plus grand et plus constant. On a d'ailleurs adopté, pour se rendre compte de ce degré, un mode d'épreuve basé sur l'observation du volume occupé au bout d'une heure par 10^{gr} de pâte dans une éprouvette graduée, contenant 250^{cc} d'eau, et dans laquelle la pâte, après avoir été bien imbibée, est abandonnée au repos.

Les charges des piles sont vidées dans des laveurs, non plus pour y subir un lavage final comme autrefois, mais seulement pour être mélangées par lots de 1000^{kg} environ de coton-poudre. L'eau n'y étant plus renouvelée, on évite maintenant toute perte de pâte.

Après le mélange, la pâte doit passer à l'épurateur. Les appareils épurateurs ont été installés au Moulin-Blanc, au nombre de 2, en 1889. Ils comprennent chacun : un réservoir avec agitateur, dans lequel on fait arriver, au moyen d'une pompe, la pâte des laveurs; un bac épurateur dans lequel la pâte, s'écoulant du réservoir, est encore agitée avant de passer de bas en haut à travers un tamis de bronze, à fentes de 1^{mm}, animé d'un mou-

Digitized by Google

vement de trépidation au-dessus du bac ; enfin 3 fosses dont le fond est formé de briques perforées, et dont les parois sont recouvertes de toile fixée sur des tringles; après avoir été tamisée la pâte vient tomber dans ces fosses, et s'y égoutte. Elle est ensuite turbinée.

L'épurateur permet de séparer du coton-poudre les matières étrangères, telles que morceaux de bois, graviers, etc., les fibres imparfaitement pilées et une certaine quantité de grumeaux qui restent dans le bac et qu'on repasse aux piles après triage.

L'action de l'épurateur est d'ailleurs complétée par un tamisage à la perce de 7^{mm}, qu'on fait subir à la pâte turbinée immédiatement avant l'emballage, et par lequel on retire les matières étrangères qui auraient pu se mélanger au coton-poudre, depuis son passage à l'épurateur.

Emballage du coton-poudre en pâte. — Le coton-poudre est emballé dans des barils avec sacs en toile. Dans le début, afin de faire entrer dans ces barils un poids suffisant de matière, on l'y introduisait par couches successives, qu'on comprimait par piétinement; on arrivait ainsi à charger par baril un poids correspondant à 30^{kg} de coton-poudre sec environ.

Depuis deux ans, on a installé des presses avec moules spéciaux au moyen desquels on met le coton-poudre turbiné à 30 pour 100 d'eau sous la forme de gâteaux parallélépipédiques de $23 \times 18 \times 18$ centimètres, correspondant à un poids de $2^{kg},75$ environ de coton-poudre sec. Cette forme et ces dimensions avaient été déterminées en vue de l'adoption du système anglais d'emballage en caisse, avec papier hydrofuge et sac en mousseline. Mais on a reconnu ensuite qu'il y avait économie à revenir à l'emploi des barils avec sacs, et c'est dans ces enveloppes qu'on emballe actuellement les gâteaux, en les fractionnant, quand il est nécessaire, pour remplir tous les vides. Une chape de 50^{kg} peut ainsi recevoir un poids correspondant à 30 ou 32^{kg} de coton-poudre sec.

Carbonatage du coton-poudre comprimé. — Le procédé de carbonatage du coton-poudre comprimé a été modifié dernièrement. Jusqu'en 1890, on carbonatait en immergeant les gâteaux de coton-poudre, pendant 1 heure environ, dans une dissolution de carbo-

Digitized by Google

nate de soude à 18° B. Mais le carbonate de soude avait l'inconvénient, signalé depuis longtemps, d'agir sur le coton-poudre en diminuant sa stabilité à l'épreuve de chaleur et en communiquant aux gâteaux une coloration brun sale, très nuisible à leur aspect. On lui reprochait aussi d'être dissous et entraîné par l'eau d'humectation des gâteaux. En outre, par suite du mode de carbonatage employé, le degré d'alcalinité était presque nul au centre du gâteau, tandis qu'il était très élevé sur les bords.

Au carbonate de soude on a substitué le carbonate de chaux, qui n'attaque pas le coton-poudre, lui laisse sa teinte naturelle et n'est pas entraîné par l'eau d'humectation. De plus, le carbonate est ajouté au coton-poudre en proportion convenable dans le laveur même, qu'il suffit de faire tourner ensuite pendant environ 24 heures pour avoir un mélange suffisamment homogène.

Compression. — Les procédés de compression du coton-poudre destiné à la marine n'ont guère varié. Nous signalerons seulement que, pour exécuter les nouvelles charges de torpilles adoptées par la marine, on installe actuellement au Moulin-Blanc une presse de 1500 tonnes, avec pompe spéciale, qui va permettre de comprimer, à raison de 650^{kg} par centimètre carré, pression nécessaire pour avoir une densité supérieure à 1,00, des disques ayant jusqu'à 0^{m},50 de diamètre, avec une hauteur de 0^{m},08.

§ II. — Acide nitrique.

Fabrication de l'acide nitrique. — Une fabrique d'acide nitrique fonctionne au Moulin-Blanc, depuis 1886.

L'acide y est obtenu par la réaction sur le nitrate de soude des vieux acides récupérés dans la fabrication du coton-poudre, et qui ont à peu près la composition moyenne suivante :

Acide sulfurique monohydraté	75
Acide nitrique monohydraté	14
Eau, etc	11
	100

L'acide sulfurique réagit sur le nitrate de soude, et l'acide nitrique passe à la distillation avec celui qui provient de cette réaction.

Digitized by Google

L'opération a lieu dans de grandes marmites en fonte qui reçoivent 1000^{kg} de vieux acides et 600^{kg} de nitrate, et qu'on chauffe convenablement. L'acide distillé est condensé dans un système de bonbonnes en grès.

La distillation était d'abord faite en une seule fois et durait 24 heures; on mélangeait ensuite le contenu des diverses bonbonnes de façon à avoir le plus possible d'acide à 48°. Mais, depuis le commencement de 1890, on a adopté un procédé de distillation fractionnée et méthodique, qui a permis d'améliorer sensiblement les rendements. Dans ce procédé, on cherche à recueillir, dans une première partie de la distillation, tous les acides dont le mélange total donne de l'acide à 48° exactement, et, dans une seconde partie, ceux dont le mélange total donne de l'acide, soit à 42° pour la fabrication du coton-poudre pour dynamite, soit à 37° pour la fabrication du nitrate d'ammoniaque.

Dans ces conditions, le rendement en acide 48° pour 100^{kg} de nitrate de soude a atteint près de 90^{kg}; on obtient en même temps 8 à 9^{kg} d'acide de 37° à 42°.

L'acide obtenu est, d'ailleurs, d'aussi bonne qualité que l'acide fabriqué au moyen d'acide sulfurique pur qu'on nous livrait dans le début.

L'installation de la fabrique d'acide nitrique, en vue de l'utilisation des vieux acides, a été très avantageuse au point de vue économique. En effet, la valeur commerciale des vieux acides ne dépassant pas actuellement 3^{fr} les 100^{kg}, le prix de revient de l'acide nitrique fabriqué à la poudrerie du Moulin-Blanc est inférieur à 50^{fr} les 100^{kg}, tandis que l'acide acheté avant l'installation de la fabrique coûtait 96^{fr}, c'est-à-dire près du double. L'économie correspondante dans la fabrication du coton-poudre, qui exige 2^{kg} d'acide nitrique par kilogramme de coton-poudre, a été, de ce fait, de près de 1^{fr} par kilogramme.

Moulin-Blanc, le 11 janvier 1891.

Digitized by Google

NOTE

SUR LA

PRÉPARATION DE L'ÉTHER

A LA FABRIQUE DE BORDEAUX

(ANNEXE DE LA RAFFINERIE NATIONALE ;

PAR

M. BIFFE,

Ingénieur en chef des poudres et salpêtres.

I. — GÉNÉRALITÉS.

La consommation considérable d'éther faite par le service des poudres et salpêtres a déterminé, en 1888, la création par le ministère de la guerre d'une fabrique en état d'assurer, en tout temps, une grande production d'éther, dans des conditions aussi satisfaisantes que possible.

Le choix de l'emplacement avait son importance, au triple point de vue de la sécurité en temps de guerre, de la facilité des approvisionnements en alcool et en combustible, de l'économie des transports.

L'établissement situé sur la rive de la Garonne, à la limite et en dehors de l'octroi de Bordeaux, répond à cet égard à toutes les exigences.

Les matières premières peuvent y arriver par eau et être portées de l'estacade dans les magasins par une voie Decauville; d'autre part, les poudreries du Pont-de-Buis et de Saint-Médard,

Digitized by Google

que la fabrique d'éther est chargée d'approvisionner, donnent lieu à des frais de transport très réduits, la première à cause des communications par eau, la seconde par sa proximité qui permet un service journalier de chevaux à l'État.

L'établissement comprend une superficie de 60 ares 97 centiares; il fonctionne depuis le 5 novembre 1889.

II. — PRINCIPES DE LA FABRICATION.

L'éther pur, marquant 65° à l'aréomètre de Baumé, à la température de 15°, est désigné en chimie sous le nom d'oxyde d'éthyle C^4H^5O; c'est l'alcool $C^4H^6O^2$ auquel on a enlevé un équivalent d'eau.

Cette déshydratation de l'alcool s'obtient, à la température de 130° environ, en présence de l'acide sulfurique; les vapeurs produites se dégagent sous le non d'éther brut, mélange d'éther, d'alcool et d'eau, entraînant de très petites quantités d'acide, de sorte que, à part cette légère perte, le même acide sulfurique sert indéfiniment à la transformation de l'alcool. La réaction toutefois n'est pas aussi simple que cela paraît; il se forme souvent, surtout avec l'élévation de température, de l'acide sulfureux, de l'éthylène, etc.

L'éthérification, résultant de l'arrivée à jet continu de l'alcool sur l'acide sulfurique à haute température, la neutralisation des vapeurs d'éther brut et leur condensation constituent la première partie du travail, qu'on peut considérer comme indépendante de la seconde.

En second lieu, on procède à la séparation de l'éther pur d'une part, de l'alcool entraîné et de l'eau d'autre part, puis à l'élimination de l'eau pour retrouver l'alcool à réemployer. Cette double opération, comprenant la rectification de l'éther et la récupération de l'alcool non transformé, en se fondant sur la différence des températures de volatilisation des liquides, s'exécute d'une manière continue.

Enfin l'éther à 65°, recueilli en magasin dans des bacs, est ensuite mélangé à l'alcool à 95°, dans les proportions voulues pour fournir de l'éther à 56° et à 52° Baumé, suivant les demandes des établissements consommateurs.

Digitized by Google

III. — DESCRIPTION DES APPAREILS.

Un seul bâtiment est affecté à la fabrication proprement dite; il se compose de deux compartiments séparés, de hauteur différente, dans lesquels s'effectue le travail suivant la division ci-dessus indiquée.

1re partie. — Éthérification et neutralisation de l'éther brut.

L'installation comprend les appareils suivants :

1° *Un bac* de 1500 litres, recevant l'alcool soit du magasin par une petite pompe à vapeur du système Worthington, soit de la colonne de récupération.

Ce récipient, dont la hauteur permet l'écoulement continu dans les éthérificateurs, est muni d'un flotteur et d'un trou d'homme.

Les tuyaux d'alimentation des éthérificateurs sont pourvus chacun d'un robinet à cadran dont l'ouverture est réglée suivant la marche de la réaction.

2° *Deux éthérificateurs* cylindriques en tôle doublée d'une chemise intérieure en plomb, de 2^m de hauteur et $1^m,80$ de diamètre, avec couvercles en cuivre. Le chauffage y est obtenu au moyen d'un serpentin en plomb, où circule la vapeur d'eau sous une pression d'environ 3^{kg}, pression réglée par un détendeur automatique. Chaque appareil comporte comme accessoires : un thermomètre à cadran avec bain d'huile placé au sein du mélange éthérifiant, un flotteur et un manomètre à air libre, formant tube de sûreté.

Le chargement initial de chaque éthérificateur a été d'environ 3200^{kg} d'acide sulfurique à 66° Baumé et 1500^{kg} d'alcool.

3° *Trois saturateurs* dont un de rechange.

Chacun d'eux a $1^m,40$ de hauteur et $0^m,60 \times 0^m,60$ de section; il est complètement garni de plomb à l'intérieur et a pour but de dépouiller, aussi complètement que possible, d'acide les vapeurs d'éther brut, provenant de l'éthérificateur correspondant, qui pénètrent au bas par une ouverture latérale et sortent par le haut. A cet effet, suivant une disposition analogue à celles des colonnes de distillation, chaque saturateur porte sur la hauteur trois plateaux en plomb, garnis d'une solution de soude Solvay

Digitized by Google

et déversant l'un sur l'autre, par des trop-pleins, la solution introduite par un robinet sur le couvercle supérieur.

D'autre part des ouvertures tubulaires, pratiquées dans ces plateaux jusqu'au-dessus du liquide alcalin et recouvertes de calottes y trempant elles-mêmes par leurs bords, donnent accès aux vapeurs d'éther brut; celles-ci sont, grâce à leur pression, obligées, en atteignant la calotte, de barboter dans la solution de soude pour s'échapper; elles s'y neutralisent par conséquent de plus en plus en s'élevant. L'expérience a démontré que 85 pour 100 de l'acide entraîné sont abandonnés dans ces appareils, moyennant une consommation de 8^{kg} de soude par 6500^{kg} d'éther brut, ou environ 3200^{kg} d'éther pur. Le liquide, renfermant des sels de soude, mélangé à de faibles quantités d'éther brut condensé, se recueille au fond du saturateur et passe par un robinet dans le grand bac à éther brut liquide dont nous parlerons tout à l'heure. Le carbonate de soude en excès achève, dans ce récipient, la saturation des dernières traces d'acide.

4° *Deux réfrigérants,* composés chacun d'une cuve en tôle et d'un serpentin en plomb, avec courant d'eau froide, pour la condensation des vapeurs à la sortie des saturateurs.

5° Enfin *un récipient* d'éther brut de 32 hectolitres de capacité, dans lequel le liquide ne parvient qu'après avoir traversé une éprouvette de coulage en verre, du modèle en usage dans les distilleries, où l'on contrôle son degré aréométrique.

2e partie. — Rectification de l'éther et récupération de l'alcool.

RECTIFICATION DE L'ÉTHER.

L'arrière-corps du bâtiment de fabrication renferme :

1° A la partie supérieure, *un bac* de 15 hectolitres dans lequel est élevé l'éther brut, par une pompe à vapeur, pour être envoyé à volonté au bas du rectificateur.

2° *Une colonne de rectification* en cuivre composée d'une série de 27 plateaux, également en cuivre, du type généralement adopté dans les distilleries, et dont le principe a été exposé à propos des saturateurs.

L'éther brut, pénétrant dans la colonne, au-dessous du 16e pla-

Digitized by Google

teau, est chauffé par la vapeur d'eau qui pénètre à la partie inférieure.

La vaporisation se produit; mais, la température s'abaissant au fur et à mesure que le fluide s'élève, il y a condensation d'alcool et d'eau qui redescendent d'un plateau à l'autre, tandis que l'éther, volatil à 36°, s'échappe à la partie supérieure en entraînant un peu d'alcool. Bientôt les plateaux inférieurs et le fond de l'appareil sont couverts de liquide; la vapeur d'eau, en y barbotant, ne laisse aucune trace d'éther.

3° *Un condenseur* tubulaire, à circulation d'eau froide, où les vapeurs, sortant du rectificateur, abandonnent l'alcool entraîné, lequel est *rétrogradé* dans la colonne.

4° *Un autre réfrigérant* tubulaire, dans lequel l'éther prend à son tour l'état liquide pour se rendre directement, après avoir traversé l'éprouvette de contrôle en verre, dans les réservoirs du magasin.

5° Il faut signaler enfin *un régulateur Savalle,* appareil très répandu dans les distilleries, réglant l'accès de la vapeur de chauffe dans le rectificateur par la pression même des vapeurs alcooliques à l'intérieur.

RÉCUPÉRATION DE L'ALCOOL.

Nous avons vu que l'alcool et l'eau s'accumulent au bas de la colonne de rectification; leur évacuation s'effectue, par une ouverture latérale et en vertu de la différence de niveau, dans une seconde colonne, avec condenseur, réfrigérant et régulateur Savalle, semblable à la précédente, disposée à côté, munie des mêmes accessoires, mais de dimensions plus grandes, et dont le socle est beaucoup plus bas.

Un écoulement constant détermine ainsi l'alimentation, à hauteur du 11e plateau, du mélange d'alcool et d'eau qu'il faut détruire; mais, comme les températures de volatilisation sont beaucoup plus élevées, et d'un écart moins grand, il faut ici un plus grand nombre de plateaux (43) et une dépense de vapeur d'eau plus considérable.

D'après les mêmes principes, l'eau condensée au bas du récupérateur est dépouillée d'alcool; elle est évacuée au dehors, après

Digitized by Google

constatation toutefois, au contrôleur d'épuisement, petite éprouvette spéciale portant un alcoomètre, qu'il n'y a pas d'entraînement possible d'alcool.

[On s'était servi d'abord d'un alcoomètre ordinaire; mais la présence, dans les eaux évacuées, d'une certaine quantité de sels provenant de la neutralisation, a pour effet d'augmenter la densité du liquide, ce qui fausse les indications de l'instrument. On se sert maintenant d'un alcoomètre lesté de façon à effleurer au 0° dans un liquide exempt d'alcool, et renfermant le même taux de sels que la moyenne des eaux d'évacuation. On constate ainsi que l'eau évacuée renferme 0,25 pour 100 d'alcool, ou mieux d'impuretés plus légères que l'eau et provenant des alcools mis en fabrication.]

Quant à l'alcool vaporisé, puis liquéfié par le même procédé que l'éther, après son passage dans une éprouvette de contrôle où il marque 92° à 94°, il s'écoule dans le bac alimentaire des éthérificateurs.

IV. — DISPOSITIONS ACCESSOIRES.

En sus de l'atelier de fabrication, l'établissement dispose de :

1° Un grand magasin à alcool, renfermant 3 bacs en tôle de 327 hectolitres chacun, avec tubes de niveau.

Une pompe Worthington à vapeur vide les fûts, remplit les bacs, ou envoie l'alcool soit à l'atelier de fabrication, soit au magasin à éther.

2° Un magasin à éther de même dimension que le précédent, où l'on trouve deux bacs de $247^{hect},5$ de capacité chacun et, au milieu, un bac à alcool alimenté comme il est dit ci-dessus.

Une bascule, au niveau du sol, reçoit les fûts vides, la bonde en haut, et l'ouverture successive des robinets des bacs d'alcool et d'éther permet d'y préparer l'éther à différents degrés, suivant le rapport des quantités.

Pour l'éther à 56°, on compte à très peu près 9 parties d'éther à 65° et 5 d'alcool à 95° en poids.

3° Un quatrième bâtiment où sont installés deux générateurs de vapeur de 50 chevaux, et les machines destinées soit à l'élévation des eaux, soit à l'éclairage électrique de tout l'établissement.

Un puits a été creusé à proximité, pouvant débiter à la minute

Digitized by Google

500 litres d'eau dont la température constante de 15° est précieuse pour les réfrigérants.

Des réservoirs supérieurs, des conduites d'eau et de vapeur, permettent de les distribuer abondamment en cas d'incendie dans l'atelier de fabrication et les magasins; en été les réservoirs à éther sont constamment humectés sur leur surface.

Enfin, il importe de faire remarquer que l'incombustibilité des bâtiments d'exploitation est assurée par le mode de construction toute en fer et briques, avec socle en pierre.

V. — PRODUCTION ET PRIX DE REVIENT.

La production de chaque éthérificateur est, en marche normale, d'environ 200^{kg} d'éther brut à l'heure, correspondant à peu près à 100^{kg} d'éther à 65° ou 155^{kg} à 56°. En 24 heures la fabrique est donc en état de fournir 7400^{kg} d'éther à 56°; on peut même affirmer que le travail de jour et de nuit, sans interruption, porterait à 8000^{kg} au moins la production journalière.

L'appareil de rectification suffit, et au delà, au travail des éthérificateurs, attendu qu'il débite à l'heure environ 300^{kg} d'éther pur; aussi n'est-il en fonction, ainsi que le récupérateur d'alcool, que les deux tiers du temps consacré à l'éthérification.

Le rendement de la fabrication devrait être théoriquement de 1 d'éther pur pour 1,26 d'alcool pur; mais différentes causes et, en particulier, les pertes par évaporation, surtout lors du remplissage des fûts, atténuent sensiblement ce rendement : nous comptons près de 133^{kg} d'alcool à 95° pour 100^{kg} d'éther à 56°; toutefois ce rapport tend à s'améliorer.

Il convient de tenir compte d'ailleurs de ce fait que nous sommes encore à notre première année d'exploitation; l'expérience amènera vraisemblablement de nouveaux progrès. Nous n'avons jusqu'ici fait usage que d'alcool bon goût, à 94° au moins; les résultats satisfaisants acquis et la disponibilité partielle des colonnes de distillation nous permettront d'essayer, en 1891, l'emploi d'alcools de qualités inférieures, d'où résultera sans doute encore une certaine économie.

On voit d'ailleurs, par l'exposition qui précède, qu'il n'y a pour ainsi dire pas de dépense de main-d'œuvre, puisqu'elle se réduit à

Digitized by Google

la surveillance des appareils, à la conduite et l'entretien des générateurs et machines, et aux mouvements de fûts.

Aussi le prix de revient de l'éther à 56°, alors que l'alcool nécessaire coûte (prix moyen) $1^{fr},287$, n'est-il, tous frais généraux compris, que de $1^{fr},342$ par kilogramme.

En admettant qu'on tienne compte de l'intérêt des capitaux engagés, cette majoration porterait à $1^{fr},361$ le prix du kilogramme d'éther à 56° à Bordeaux.

Or, les transports de la fabrique à la poudrerie consommatrice, retour des fûts vides compris, donnent lieu à une dépense de $0^{fr},008$ pour Saint-Médard et de $0^{fr},066$ pour le Pont-de-Buis ; le kilogramme revient donc dans ces établissements à $1^{fr},369$ et à $1^{fr},427$.

D'autre part, les prix moyens payés à Saint-Médard en 1889, dernière année des achats, et au Pont-de-Buis en 1890 (prix inférieur à celui de 1889), sont respectivement de $1^{fr},786$ et $1^{fr},767$. L'économie réalisée est donc de $0^{fr},417$ pour la première poudrerie et de $0^{fr},340$ pour la seconde.

Appliquée à la commande de 1890, cette économie s'élève à la somme totale de 405320^{fr}.

Les frais d'acquisition de terrains, constructions de bâtiments et machines, achat de matériel, s'élevant à 360000^{fr} environ, on voit que l'État est largement rentré, en une année, dans ses déboursés, et qu'on est autorisé à ne plus tenir compte, comme nous l'avons fait, de l'intérêt des capitaux engagés.

En résumé, la création de la fabrique d'éther à Bordeaux doit être considérée comme très avantageuse au point de vue économique, en même temps qu'elle assure au service des poudres la qualité régulière et la quantité des produits dont elle a besoin.

Bordeaux, le 30 octobre 1890.

Digitized by Google

MÉMOIRE

SUR LE

TIR DES FUSILS DE CHASSE,

Par M. le capitaine JOURNÉE,
Instructeur à l'École normale de tir du camp de Châlons

[SUITE ET FIN] (1).

HUITIÈME PARTIE.

DISPERSION DU TIR A PLOMB.

CHAPITRE PREMIER.

GÉNÉRALITÉS SUR LA DISPERSION.

I. — Utilité d'une gerbe ouverte.

Le tireur parfait (il n'existe qu'en théorie) tirerait tout espèce de gibier à balle avec une arme rayée d'une grande précision et de calibre approprié à la grosseur du gibier.

Avec un fusil ayant la précision du fusil modèle 1886 et réglé pour le tir aux petites distances, ce chasseur idéal manquerait rarement par la faute de son fusil une perdrix à 100^{m} et un lièvre à 200^{m}; et, bien entendu, il ne les manquerait jamais par sa propre faute.

(1) Voir 3 237.

Digitized by Google

En réalité, les tireurs ont toujours des écarts personnels assez considérables causés par la maladresse humaine. Pour un même tireur, ces écarts personnels sont d'autant plus grands que le temps de visée est moindre (lorsque ce temps est inférieur à 2 secondes), ils sont également d'autant plus grands que le déplacement perspectif du but est plus rapide et plus irrégulier.

On arrive à compenser l'inhabileté du tireur à saisir le moment propice pour faire partir le coup en lançant, sous forme de gerbe assez ouverte, un grand nombre de grains de plomb.

Le fusil qui convient le mieux à un tireur d'adresse déterminée est celui dont l'ouverture de la gerbe de plomb est égale à l'ouverture de la gerbe idéale formée par les écarts personnels du tireur.

Les écarts du tireur étant soumis aux lois habituelles de la probabilité, autrement dit, la probabilité d'un écart étant d'autant plus grande que cet écart est plus petit, il est à désirer, au point de vue des effets probables, que les plombs se répartissent dans la gerbe suivant la même loi et non uniformément dans l'intérieur de la gerbe, comme le désirent à tort beaucoup d'armuriers et de chasseurs. Nous verrons plus loin que notre désidératum est réalisé par les fusils lisses tirant du plomb de chasse.

Avec les fusils de chasse actuels non choke-bored, l'ouverture de la gerbe comprenant la presque totalité des grains est d'environ 1°.

Cette ouverture de la gerbe est assez convenable pour les chasseurs moyennement adroits, tirant en pays moyennement couvert.

Pour la chasse de certains gibiers, tels que le lapin, la bécassine, etc., qui laissent rarement le temps de bien viser et qui, de plus, peuvent se tirer habituellement de près, les chasseurs d'adresse moyenne auraient intérêt à avoir des fusils ayant une gerbe plus ouverte que celle des fusils actuels. De pareils fusils pourraient être encore utilisés par les tireurs peu adroits pour les chasses des autres gibiers, quitte pour eux à savoir que la portée efficace d'un fusil est d'autant moindre que sa dispersion est plus grande.

Pour la chasse de certains animaux très sauvages, tels que le canard, l'oie, les outardes, et encore pour la chasse de la perdrix, du lièvre dans les pays très découverts où le gibier est très sauvage, on aurait intérêt à avoir des fusils donnant un tir plus serré et portant plus loin que les fusils de chasse actuels. Il n'est pas de chas-

Digitized by Google

seur qui n'ait rêvé aux hécatombes qu'il aurait pu faire dans certaines circonstances, s'il avait eu à sa disposition un fusil portant bien et efficacement à 100m ou 150m.

Nous nous occuperons, dans ce qui suit, de déterminer la valeur de la dispersion des fusils actuels et les causes qui influent sur cette dispersion.

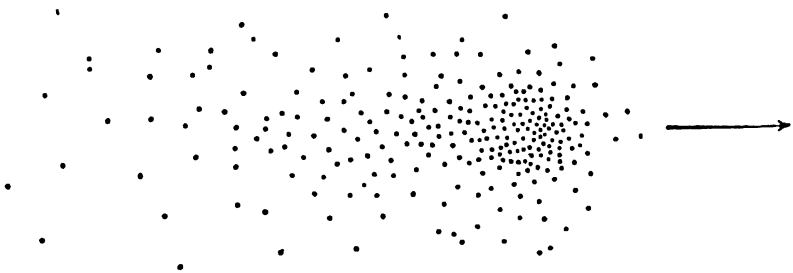
Nous indiquerons en passant et principalement en parlant du tir à plomb dans les armes rayées quels seraient les moyens d'ouvrir notablement la gerbe de plomb.

Dans une partie ultérieure, nous indiquerons les principes au moyen desquels on pourrait arriver à organiser des armes de chasse à tir très serré et à très longue portée.

II. — Forme de la gerbe.

Lorsqu'une charge de plomb est lancée dans de bonnes conditions par un canon non rayé sur une cible verticale suffisamment grande pour recueillir tous les plombs, elle forme une gerbe cir-

Fig. 49.



Vue par côté d'une gerbe de plomb.

culaire dans laquelle les empreintes se trouvent réparties suivant les lois habituelles de la probabilité.

Il semble parfois, surtout lorsque le nombre de grains est restreint, que le tir ait une tendance à garnir certaines régions de la gerbe plus ou moins que ne le comporte leur position par rapport au centre de la gerbe. Ces anomalies sont dues au hasard. En superposant les gerbes de plusieurs coups successifs ou en comparant les gerbes séparées de plusieurs coups, on voit ces anomalies disparaître.

Digitized by Google

Nous avons dit précédemment que les différents grains d'une charge de plomb subissent dans l'air des pertes de vitesse inégales dues à leurs différences de poids, de diamètre et de déformations.

Une charge de plomb en mouvement vue par côté à une certaine distance de la bouche à la disposition ci-dessus (*fig.* 49).

L'allongement relatif de la gerbe est d'autant plus grand que la portée est plus grande. Il est facile de contrôler cette disposition en faisant tirer à plus de 50^{m} sur une surface d'eau calme et étendue et en se plaçant sur le côté et à hauteur du point d'arrivée des plombs.

III. — Méthode pour apprécier la dispersion du tir à plomb.

La seule méthode qui permette d'apprécier avec exactitude la dispersion d'une gerbe de plomb consiste à tirer sur une cible assez grande pour recueillir tous les plombs et à mesurer les dimensions du rectangle ou encore le rayon du cercle qui contient une fraction définie des empreintes des grains de plomb les plus au centre. Cette fraction doit être comprise entre 50 pour 100 et la totalité des empreintes. Pour ramener ces mesures à une unité commune, on en déduit, au moyen d'une table de probabilités la valeur de l'écart probable des grains par rapport au centre de la gerbe, ou encore la valeur du rayon du cercle contenant 50 pour 100 des coups.

On mesure, par exemple, pour un même coup, les dimensions du rectangle contenant la totalité des grains, puis celles des rectangles que l'on obtient en éliminant successivement 2, 5, 10, 20 grains en bas et en haut, à droite et à gauche. Connaissant le nombre total des grains et les dimensions des bandes qui en contiennent une certaine fraction, on passe de ces dimensions à la valeur de l'écart probable ou du rayon du cercle contenant 50 pour 100 des grains au moyen des tables de probabilité.

Pour pouvoir recueillir tous les grains d'un même coup, on verra plus loin qu'à la distance de 10^{m} il faut une cible de 40^{cm} à 50^{cm} de côté. A 50^{m}, il faut une cible de plus de 3^{m} de côté ; à 80^{m}, une cible de 8^{m} à 10^{m} de côté. On a rarement à sa disposition des cibles de plus de 1^{m} de côté et, quand on les a, il faut beaucoup de temps pour effacer tous les grains d'un seul coup et les remettre en état. On peut, au contraire, disposer et remplacer facilement une cible en papier de 50^{cm} de côté. Les distances de

Digitized by Google

10m à 20m sont commodes et très suffisantes pour apprécier la façon dont un fusil disperse les plombs.

Des tirs faits à des distances considérables sur des cibles dans lesquelles on ne recueille qu'une faible fraction des coups ne peuvent renseigner que fort imparfaitement sur la dipersion du tir d'un fusil, surtout si l'on n'est pas parfaitement certain du réglage du tir, autrement dit si l'on n'est pas sûr que le centre de la surface visée est atteint par le centre de la gerbe.

Quels que soient le soin et la régularité avec lesquels on charge les cartouches, quelles que soient les précautions que l'on prenne, le tir d'une même espèce de cartouche dans un même fusil est assez variable d'un coup à l'autre. Les nombres qui mesurent la dispersion peuvent d'un coup à l'autre osciller autour de la moyenne du $\frac{1}{4}$ de leur valeur absolue. Entre le meilleur et le plus mauvais coup d'une série, la dispersion peut varier du simple au double.

IV. — Division des causes de la dispersion du plomb.

La dispersion des grains de plomb d'une même charge est attribuable à des causes multiples.

L'action de plusieurs de ces causes se produit au moment où le plomb sort du canon et cesse dès que le plomb est à une petite distance de la bouche. Nous désignerons les déviations résultantes sous le nom de *déviations initiales*.

Pendant leur trajet dans l'air, les plombs se trouvent soumis à d'autres causes continues de déviations que nous désignerons sous le nom de *déviations postérieures à la sortie*.

Si les causes de déviations initiales agissaient seules pour produire la dispersion du plomb, les écarts seraient proportionnels à la portée.

Si les causes de déviations postérieures à la sortie agissaient seules, les déviations seraient nulles à la bouche et très faibles aux petites distances.

En réalité ces causes de déviations agissent toutes les deux et successivement. L'écart des grains à une distance déterminée peut donc être considéré comme étant la résultante des écarts dus aux causes de déviations initiales et de ceux dus aux causes de déviations postérieures à la sortie.

Digitized by Google

CHAPITRE II.

DÉVIATIONS INITIALES. MODE DE DÉTERMINATION ET DISTANCE DE TIR.

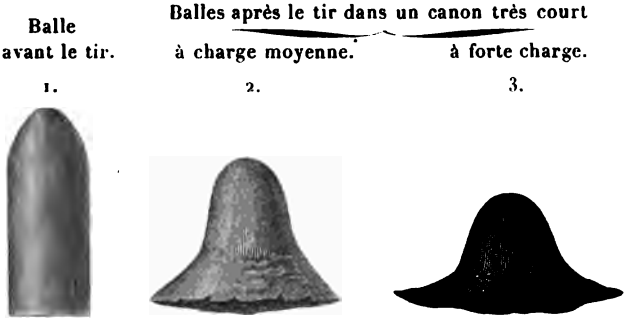
Tous les tirs que nous avons exécutés dans le but de déterminer la valeur des déviations initiales ont été exécutés à la distance de 10^{m}. Cette distance est suffisante pour apprécier la dispersion et n'est pas assez forte pour que les causes d'écarts postérieures à la sortie aient eu une influence notable.

A. Influence du fusil sur la dispersion initiale.

I. — Causes de la dispersion initiale dans les canons cylindriques.

Quand on tire des balles allongées en plomb, telles que les balles

Fig. 50.



Balle après le tir dans un canon très court à très forte charge.

4.

modèle 1874, dans un fusil coupé de telle sorte que ces balles n'aient à y parcourir qu'une très faible longueur (1 à 5 calibres), on ob-

Digitized by Google

serve des phénomènes curieux qui ont leurs analogues dans le tir des fusils de chasse.

Les balles tirées dans les conditions qui viennent d'être énoncées ont l'arrière d'autant plus étalé que la pression sur l'arrière au moment de la sortie a été plus forte et que le métal est plus mou. Lorsque la pression sur l'arrière de la balle dépasse une certaine limite, le métal de celle-ci se trouve écrasé, les parois du canon maintiennent la balle tant quelle se trouve dans le canon; mais, au moment de la sortie, l'étalement se produit comme l'indique la *fig.* 50.

Une charge de plomb de chasse se trouve au moment de la sortie du canon pressée, d'une part, par les gaz de la poudre qui tendent

Fig. 51.

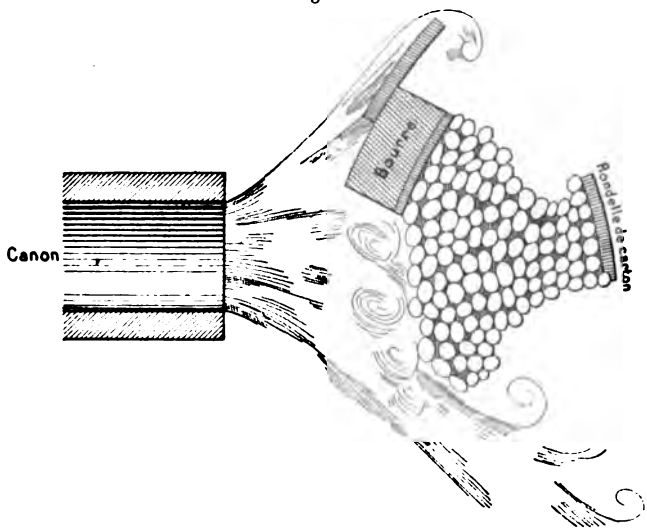


Schéma de la dispersion d'une charge de plomb sortant d'un canon cylindrique.

à vaincre l'inertie de la masse et, d'autre part, comprimée par la résistance de l'air dont l'action s'exerce en sens inverse de celle des gaz de la poudre.

La charge de plomb n'ayant aucune cohésion s'étalé sur elle-même sous l'effort des forces que nous venons d'indiquer.

Le schéma des mouvements qui se produisent à la sortie du canon est indiqué par la *fig.* 51.

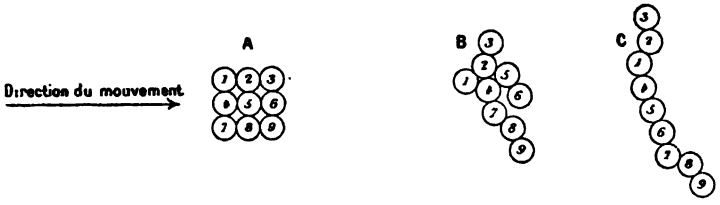
Digitized by Google

Ce sont les plombs situés à l'arrière et sur les bords qui reçoivent les directions les plus divergentes. L'observation suivante que tout le monde peut répéter vient à l'appui de cette assertion.

Si l'on examine les empreintes faites par du plomb de chasse sur des cibles en papier très fort ou en bois tendre placées à une distance quelconque du tireur, on constate que les grains déformés ou de l'arrière de la charge sont dans la proportion de $\frac{2}{3}$ vers la périphérie du groupement contre $\frac{1}{3}$ de grains sphériques ou très peu déformés. Au contraire, aux environs du centre du groupement la proportion est de $\frac{2}{3}$ de grains sphériques contre $\frac{1}{3}$ de grains déformés. Ce sont donc bien les couches de grains situés à l'arrière qui subissent les plus fortes déviations initiales.

Considérons maintenant un groupe de grains qui sortent du canon accolés l'un à l'autre et que pour simplifier nous limiterons à 9 (*fig.* 52).

Fig. 52.



Tant qu'ils sont groupés comme en A, la résistance de l'air s'exerce à peu près exclusivement sur les grains de l'avant. En raison de cette résistance les grains de l'avant tendent à rouler ou à basculer sur ceux de l'arrière ; le phénomène de basculement dû à cette cause se poursuit comme l'indiquent les *fig.* B et C jusqu'à ce que les grains soient à peu près tous en ligne.

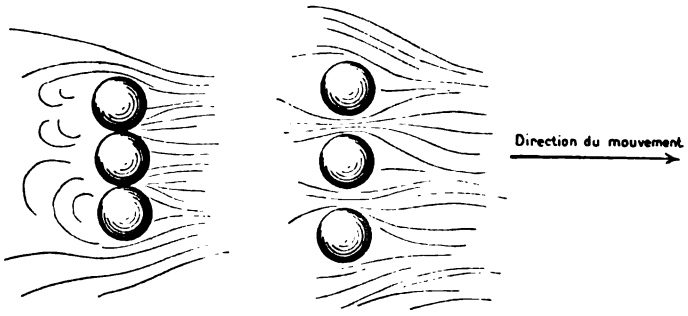
Une nouvelle cause de dispersion intervient sur les grains ainsi disposés. Par suite du mouvement des projectiles, l'air se condense dans les intervalles des grains et agit pour les séparer (*fig.* 53) jusqu'à une distance telle que l'air rejeté sur les côtés par le mouvement de l'un n'ait plus d'influence appréciable sur l'autre.

Les grains lancés en paquet serré sont donc forcés de se disperser et de s'écarter l'un de l'autre pendant leur mouvement. Les causes que nous venons de décrire sont celles qui produisent la déviation initiale des grains. Ces causes subsisteront toujours

Digitized by Google

tant qu'on lancera la charge de plomb en un seul paquet, et la dispersion ne pourra être sérieusement diminuée que lorsqu'on

Fig. 53.



lancera les grains *successivement* avec un certain intervalle entre chaque grain.

Nous verrons, dans la dixième partie, quels seraient les moyens à employer pour obtenir ce résultat.

II. — Mode de dispersion dans les canons choke-bored.

Dans un canon choke bored, toute la charge de plomb arrive à l'entrée de la partie étranglée, serrée en masse, surtout à l'arrière. En pénétrant dans l'étranglement l'avant de la charge de

Fig. 54.

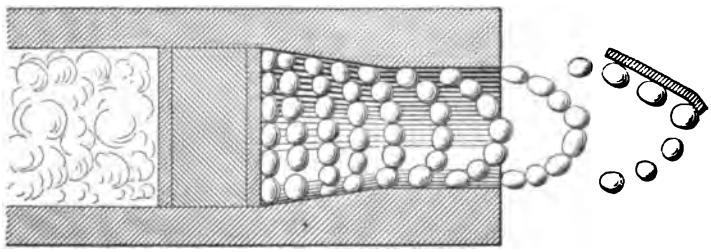


Schéma du mouvement d'une charge de plomb sortant d'un canon choke-bored.

plomb éprouve une résistance qui ralentit sa vitesse pendant un instant. La force vive des couches arrière se transmet alors aux couches avant et leur fait franchir l'obstacle. Finalement, ce sont

Digitized by Google

les couches arrière qui perdent leur vitesse aux dépens des couches avant.

Ce phénomène se produit avec une intensité progressivement décroissante de l'avant à l'arrière de la charge de plomb. La vitesse de chaque couche de plomb va en décroissant de l'avant à l'arrière; ces couches s'espacent donc au delà de la partie étranglée, et l'on peut dire d'une façon imagée que les couches de plombs, serrées en masse à l'entrée de la partie étranglée, prennent leurs distances par la tête de la colonne comme l'indique la *fig.* 54, et s'avancent dans l'air sans se bousculer mutuellement, comme le font les plombs sortant en paquet d'un canon cylindrique.

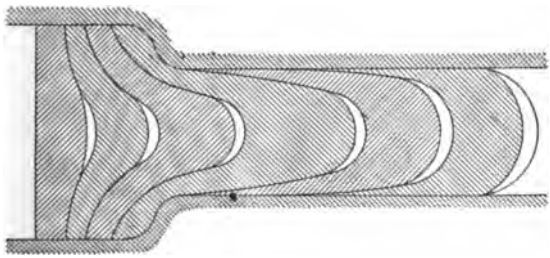
L'intervalle entre les couches successives a été exagéré à dessein dans la *fig.* 54. En réalité, l'intervalle entre les couches de plomb est seulement de $0^{mm},1$ à $0^{mm},2$ près de la bouche, mais va en augmentant avec la portée, puisque les vitesses sont différentes.

L'étranglement produit un peu l'effet que nous avons indiqué comme un désidératum pour diminuer la dispersion des canons cylindriques tirant un paquet de grains. Il espace un peu ces grains au sortir du canon. Il les espace au moins par couches (1).

On peut remarquer du reste que la forme des lances de pompes à incendie ou des jets d'eau qui donnent le jet le plus serré est

(1) Tresca a fait, au Conservatoire des arts et métiers, des expériences pour étudier la disposition des couches de substances forcées par pression à traverser un étranglement. Il a fait ces expériences avec des substances très diverses, des lames de plomb, de cuivre, de fer, du plomb de chasse, etc. Nous doutons fort qu'il eût en vue dans cette étude l'amélioration du tir des fusils de chasse. Quoi qu'il en soit, ses expériences viennent entièrement confirmer notre thèse. Les sections faites dans les matières soumises à la compression par Tresca offrent l'aspect représenté ci-dessus (*fig.* 55).

Fig. 55.



Digitized by Google

entièrement semblable à celle des canons choke-bored. L'étranglement y est seulement plus considérable, ce qui est sans inconvénient avec un corps fluide qui n'offre pas à la contraction la même résistance que le plomb. Avec un ajutage cylindrique, la dispersion d'un jet d'eau est beaucoup plus considérable qu'avec un ajutage conique terminé par une portion cylindrique de peu de longueur. Une charge de grains de plomb est comme l'eau sans cohésion ; ce sont les mêmes causes qui produisent la dispersion des gouttelettes d'eau d'un jet lancé compact et celle des grains de plomb lancés en paquet.

Lorsqu'on mesure, au moyen d'un chronographe et de la façon que nous avons indiquée, la vitesse des cartouches à plomb tirées dans un canon choke-bored, et lorsque en même temps on mesure la dispersion de chaque coup, on constate que, pour une même espèce de cartouches donnant, dans un canon cylindrique, des vitesses très régulières, ce sont presque toujours les coups qui ont le plus d'excès de vitesse sur celles qu'on obtient en moyenne dans les canons cylindriques qui, en même temps, donnent la moindre dispersion.

Si l'on remarque qu'au moyen du chronographe on enregistre l'arrivée du grain qui frappe le premier la plaque et, par conséquent, l'arrivée du grain qui, dans la charge de plomb, a le plus de vitesse, on peut en conclure que les coups pour lesquels on a enregistré un fort excès de vitesse dans le tir avec les canons choke-bored sont en réalité des coups pour lesquels la différence de vitesse entre les grains de l'avant et ceux de la moyenne de la charge a été exceptionnellement forte.

L'espacement entre les grains s'est trouvé accru, et il en est résulté une diminution de la dispersion.

Nous n'avons pas beaucoup cherché et nous n'avons pas trouvé quelles étaient les conditions de chargement qui accroissent cette action de l'étranglement. Nous croyons toutefois que la disposition des grains de plomb dans la cartouche par couches plus ou moins régulières a une influence sensible.

Il y aurait là une étude à faire, que nous laissons à des chercheurs ayant des loisirs suffisants; nous croyons que la découverte des causes qui influent dans ce cas pourrait permettre d'améliorer sérieusement le tir des canons choke-bored.

Digitized by Google

Nous avions pensé autrefois que la moindre déviation des canons choke-bored, comparés aux canons cylindriques, était due à ce que les plombs situés à la périphérie étaient rejetés sur ceux du centre en traversant l'étranglement. Nous pensions que cette contraction de toute la masse subsistait pendant un instant et faisait équilibre à la tendance qu'a le plomb à s'étaler sous l'influence des causes que nous avons signalées. Les nouvelles expériences que nous avons faites depuis nous portent à croire que cette cause n'a pas l'effet prépondérant; nous sommes même porté actuellement à croire que son effet est nul.

Nous avons fait de nombreuses expériences avec un canon cylindrique calibre 32, au bout duquel on pouvait fixer des portions à étranglement. Nous avons fait varier la valeur de l'étranglement et sa pente, ainsi que la longueur de la partie cylindrique qui suit l'étranglement, dans des limites considérables. Il serait trop long de reproduire le détail de ces expériences. Nous nous contenterons de donner les conclusions que nous avons tirées :

1° Nous avons déjà signalé, en parlant des vitesses, que la différence de vitesse entre l'avant et l'arrière de la charge est d'autant plus forte que l'étranglement est plus considérable.

Ainsi, dans les expériences faites en tirant une charge de plomb dans un fusil calibre 11^{mm}, terminé par une partie étranglée au calibre 8^{mm}, nous avons constaté que l'avant de la charge prend

Fig. 56.

Vue de grains de plomb arrêtés dans l'étranglement.

une vitesse considérable; une autre partie des grains sort sans vitesse et l'arrière de la charge ne réussit pas toujours à franchir l'étranglement. Les grains que l'on trouve arrêtés dans l'étranglement ont l'aspect représenté (*fig.* 56).

2° La valeur de l'étranglement peut varier entre $\frac{1}{30}$ et $\frac{1}{8}$ de calibre, sans que la dispersion *initiale* varie sensiblement. Pour des étranglements plus forts, la dispersion augmente.

Digitized by Google

3° La pente du cône de la partie étranglée peut varier également dans de grandes limites, sans que la dispersion varie. Mais il convient d'ajouter que le métal du canon fatigue d'autant plus que l'étranglement est plus fort et que sa pente est plus prononcée. Dans les expériences avec des canons à étranglement très prononcé, nous avons eu plusieurs fois des éclatements de la portion étranglée, quoique l'épaisseur du métal fût supérieure à 1^{cm}.

4° La portion cylindrique qui suit l'étranglement doit être d'autant plus longue que la portion étranglée est à pente plus raide et que l'étranglement est plus prononcé.

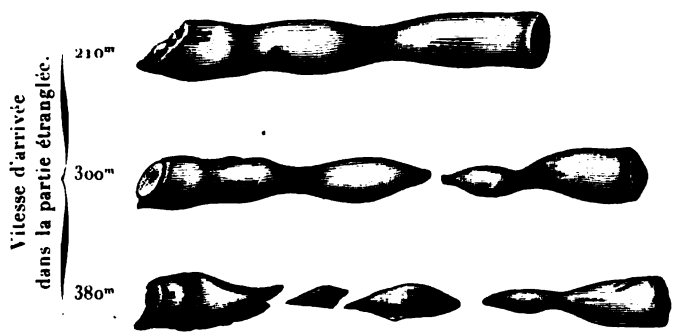
5° Nous avons tiré des balles modèle 1874 dans un fusil modèle 1874, au bout duquel on pouvait fixer des bouts de canons de calibres et de longueurs variées.

Avec un bout très court de canon calibre $8^{mm},0$, fixé au bout d'un canon calibre $11^{mm},0$ et raccordé avec celui-ci par une partie en pente, nous avons obtenu des balles présentant les formes ci-dessous :

Fig. 57.

Balle sortant du canon calibre $11^{mm},0$.

Balles après le passage dans la partie étranglée calibre $8^{mm},0$.



Les balles ont subi, en traversant la partie étranglée, les phénomènes de contraction rythmée que présente une veine liquide s'écoulant en mince paroi.

Digitized by Google

L'analogie que nous avons déjà signalée entre la façon dont se comportent le plomb et un liquide lorsqu'ils sont lancés par un canon choke-bored et une lance de pompe à incendie est ici encore plus marquée.

De pareilles expériences ne peuvent, bien entendu, être faites qu'avec des canons très épais, très solides et, malgré cela, sacrifiés d'avance. En essayant de répéter ces expériences avec le canon choke-bored d'un fusil de chasse ordinaire, on produirait peut-être une légère contraction de la balle, mais on produirait sûrement un fort gonflement ou l'éclatement de la partie étranglée du canon.

III. — Des canons choke rifled.

Nous avons décrit (§ III du chapitre Ier de la Ire partie) les canons choke-rifled. Ces canons donnent un tir à peine moins dispersé que les canons cylindriques, et beaucoup moins serré que celui des canons choke-bored. Ces canons n'ont, en somme, que des inconvénients et aucun avantage.

IV. — Tir du plomb de chasse dans les armes rayées.

Quand on tire du plomb de chasse dans une arme rayée, les plombs situés à la périphérie de la charge prennent la rayure, entraînent les plombs qui les touchent et communiquent ainsi à toute la charge le mouvement de rotation commandé par la rayure. Les plombs sortent du canon animés d'une vitesse centrifuge d'autant plus grande que dans le chargement ils se trouvent placés plus loin de l'axe du canon et que le pas de la rayure est plus court. Cette vitesse centrifuge augmente la dispersion initiale des plombs.

Si l'on dirige le tir sur une cible perpendiculaire à la direction du coup, les grains situés à la périphérie de la charge forment sur cette cible un groupement en couronne. Les grains situés dans le chargement, à une position intermédiaire entre l'axe et la périphérie, forment également des groupements en couronnes concentriques à la couronne formée par les grains situés à la périphérie. Les plombs situés sur l'axe de la charge portent au centre du groupement général.

Un fusil rayé qui tire du plomb dont le diamètre des grains est

Digitized by Google

le $\frac{1}{3}$, le $\frac{1}{4}$, le $\frac{1}{5}$ ou le $\frac{1}{6}$ du calibre du fusil (*fig.* 58), donne des groupements de la forme représentée ci-après (*fig.* 59) :

Fig. 58.

Disposition des grains dans le canon.
Coupe verticale de 2 couches de grains.

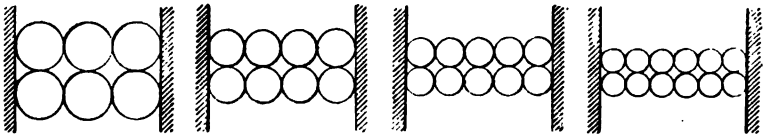
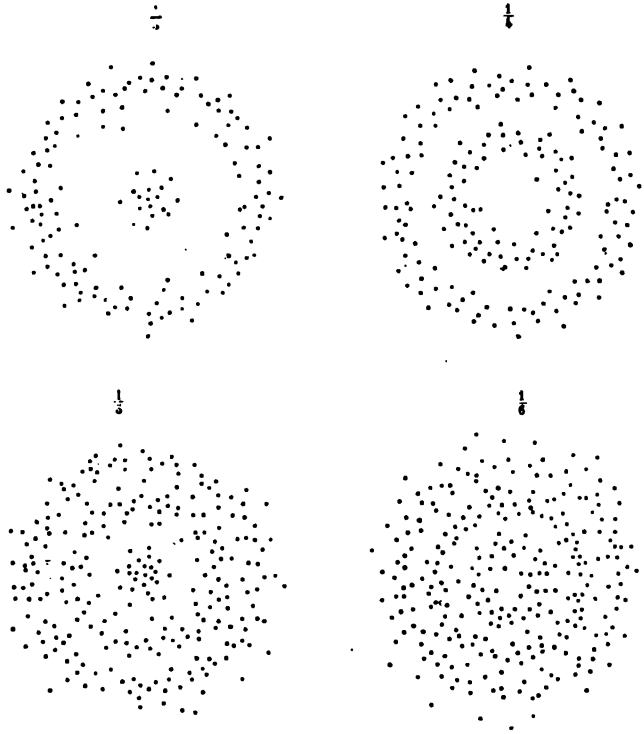


Fig. 59.

Disposition des grains dans le groupement.
Le rapport du diamètre des grains au calibre étant



Lorsque le diamètre des grains est égal ou inférieur au $\frac{1}{5}$ du ca-

Digitized by Google

libre du fusil, la répartition des grains dans l'intérieur de la gerbe est, à peu de chose près, uniforme, surtout si le rapport du calibre du fusil au diamètre des grains est un nombre impair.

Nous donnons ci-après la dispersion que nous avons observée avec un certain nombre de fusils rayés tirant des plombs de chasse.

Digitized by Google

FUSILS.	RAYURES. Nombre.	RAYURES. Pas en calibres.	CALIBRE du fusil c.	PLOMBS. N°.	PLOMBS. Diamètre des grains. d	$\frac{d}{c}$.	DIAMÈTRE de la gerbe contenant 98 p. 100 des grains à la portée de 10^{m}.	DISPOSITION DE LA GERBE.
			mm		mm		m	
Modèle 1886.....	4	30	.8,0	8	2,7	$\frac{1}{3}$	1.82	Couronne et groupement central.
	4	30	»	10	2,0	$\frac{1}{4}$	2,00	Deux couronnes, quelques grains au centre, répartition totale uniforme.
Modèle 1874.....	4	50	11,0	2	3,9	$\frac{1}{3}$	1,20	Une couronne et un groupement central.
	4	50	»	10	2,0	$\frac{1}{5,5}$	1,40	Trois couronnes.
Anglais, à percussion, rayure elliptique, système Lancaster.....	2	81	14,7	2	3,9	$\frac{1}{3,8}$	0,78	Une couronne et un groupement central.
	2	81	»	8	2,7	$\frac{1}{5,5}$	0,62	Répartition uniforme.
	2	81	»	10	2,0	$\frac{1}{7,5}$	0,80	Vide au centre.
Carabine modèle 1846, à percussion.....	4	112	17,9	2	3,9	$\frac{1}{4,6}$	0,54	Répartition à peu près uniforme, deux couronnes.
	4	112	»	10	2,0	$\frac{1}{9}$	0,72	Centre peu garni.
Carabine de gendarmerie, modèle 1857, à percussion.	4	170	17,7	2	3,9	$\frac{1}{4,5}$	0,56	Répartition uniforme.
	4	170	»	10	2,0	$\frac{1}{9}$	0,72	Centre peu garni.
Carabine modèle 1842, à percussion.....	4	367	17,5	2	3,9	$\frac{1}{4,5}$	0,44	Répartition comme avec un fusil lisse.
	4	367	»	10	2,0	$\frac{1}{9}$	0,54	Centre peu garni.
Fusil de rempart allégé, modèle 1838.....	6	400	20,5	2	3,9	$\frac{1}{5,3}$	0,44	Comme avec un fusil lisse.
	6	400	»	10	2,0	$\frac{1}{10}$	0,58	Centre moins garni que les parties extérieures.
Fusil de chasse lisse et cylindrique.....			17,1	2	3,9	$\frac{1}{4,4}$	0,26	Densité décroissante du centre à la périphérie.
			»	10	2,0	$\frac{1}{8,5}$	0,29	

Digitized by Google

Lorsque, avec un fusil rayé, on cherche à avoir une répartition uniforme dans la gerbe, il convient d'employer des charges modérées de poudres relativement lentes et du plomb durci, dont le diamètre soit égal, au plus, au $\frac{1}{5}$ du calibre du fusil. Il est bon d'associer le plomb aux mélanges pulvérulents, afin d'empêcher l'encastrement des grains, qui se produit lorsque ceux-ci sont écrasés par une forte poussée produite par la poudre.

Les fusils de chasse à canon rayé peuvent rendre de bons services dans les chasses où l'on a occasion de tirer de près sans pouvoir viser avec soin. Dans ce cas, avec un fusil ordinaire, les chasseurs manquent fréquemment le gibier, parce que la dispersion du plomb est, en moyenne, moindre que leurs écarts personnels.

Un fusil dont le canon droit serait rayé au pas de 100 calibres, et dont le canon gauche serait lisse, pourrait constituer une arme très avantageuse pour la chasse sous bois.

Le canon droit aurait une dispersion du plomb double de celle du canon gauche et servirait pour le tir de près; le canon gauche servirait pour tirer au delà de 25^{m}. Le canon droit rayé aurait, en outre, l'avantage de donner, avec des balles sphériques ou peu allongées, un tir précis.

Le profil de rayure qui nous paraît préférable pour un fusil de cette sorte est le profil Lancaster, formé par une hélice à faible excentricité. Ce genre de rayures, n'ayant pas d'angles, donne avec le plomb de chasse moins d'emplombage que les profils ordinaires; l'entretien du fusil en est, par conséquent, plus facile.

Ajoutons, toutefois, que l'emplombage du canon est sans influence importante sur la dispersion du plomb de chasse et ne se produit d'une façon intense que lorsque la vitesse initiale dépasse 400^{m}.

V. — Raccordement de la chambre et du canon.

La chambre des fusils se chargeant par la culasse est habituellement d'un diamètre plus fort que l'âme cylindrique du canon. Le diamètre de l'âme étant généralement égal au diamètre intérieur de l'étui, la différence entre les diamètres de l'âme et de la chambre est égale au double de l'épaisseur du corps de l'étui.

La chambre est raccordée à l'âme par une portion de tronc de cône dont la longueur varie, suivant les armes, depuis une

Digitized by Google

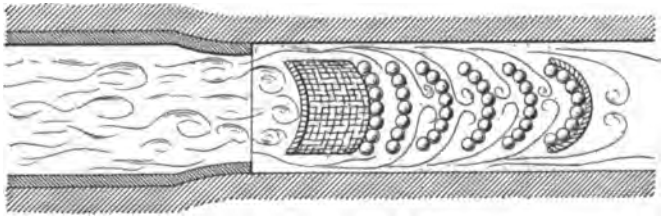
longueur de quelques millimètres jusqu'à une longueur de 7 à 8^{cm}.

Pour être dans de bonnes conditions, la chambre doit avoir une longueur au moins égale à celle de l'étui tiré.

Il est impossible de charger dans un fusil de chasse une cartouche en carton, beaucoup plus longue que la chambre, à moins de frapper sur l'arrière de la cartouche, ce qui est très dangereux. Nous ne nous préoccuperons donc pas de ce cas; mais il peut se présenter, et il se présente assez fréquemment, que l'étui tiré soit plus long que la chambre, lorsque le sertissage de l'étui a été déplié par le tir. Une cartouche de cette nature a pu être chargée sans difficulté, et, lorsque le mouvement en avant du plomb déplie le sertissage, il se forme à l'entrée du canon un étranglement produit par la partie antérieure de l'étui par lequel doit passer la charge. Celle-ci s'y déforme et, lorsque la bourre a franchi l'étranglement, les gaz de la poudre passent par-dessus la bourre et viennent accroître la dispersion du plomb qui se trouve déjà en couches espacées par suite du passage dans l'étranglement formé par l'étui (*fig.* 60).

La bourre n'est plus à ce moment en contact qu'avec les quelques grains de plomb de l'arrière de la charge. Elle éprouve peu de résistance à l'avant; sa plasticité, qui ne peut être mise en jeu

Fig. 60.



Étui trop long et chambre trop courte.

que par cette résistance, est donc faible. Elle ne se gonfle pas de suite au sortir de l'étranglement. Elle ne le fait que lorsqu'elle a rattrapé sa charge de plomb, dispersée en avant d'elle.

Pendant un certain parcours, la bourre n'obture donc pas. Il est facile de constater le fait en examinant l'âme d'un canon qui vient de tirer dans ces conditions. La portion du canon qui suit immé-

Digitized by Google

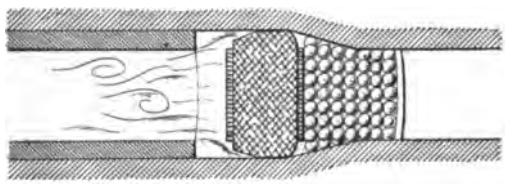
diatement l'étui est fortement encrassée sur un parcours d'environ 10^{cm}. Plus loin, le canon reprend son aspect normal. Ce fait prouve que la bourre ne touchait pas et ne nettoyait pas les parois du canon au début de son parcours.

Une partie des gaz de la poudre qui ont passé par-dessus la bourre sont venus se loger dans les intervalles des plombs. Lorsque la poussée de la bourre a rassemblé la charge de plomb, les gaz restent en partie emprisonnés et comprimés au milieu des grains de plomb. Au moment où la charge arrive à l'air libre, ces gaz se détendent, éparpillent les grains et causent une très forte dispersion.

Lorsque l'étui est plus court que la chambre et lorsque la bourre est épaisse et bien plastique, elle se gonfle brusquement au sortir de l'étui, comme le fait le bouchon d'une bouteille de champagne qu'on débouche. L'obturation des gaz est complète (*fig.* 61). Si la

Fig. 61.

Chambre trop longue ou étui trop court.
Bourre plastique et épaisse.



bourre n'est pas plastique, elle peut laisser passer quelque peu des gaz de la poudre dans le parcours qui s'étend de la tranche de l'étui à la fin du raccordement (*fig.* 62).

A ces divers points de vue, et lorsqu'on n'est pas certain d'avoir toujours des étuis de longueur convenable, les raccordements à pente douce sont préférables aux raccordements à pente raide. Ces deux espèces de raccordement donnent des résultats de tirs égaux, avec des cartouches de longueur appropriée et des bourres plastiques et épaisses.

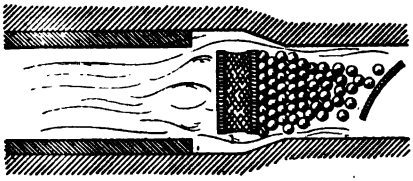
On fait des fusils dans lesquels l'âme du canon est au diamètre de la chambre, et qui, par conséquent, n'ont pas de raccordement. Ces fusils donnent, avec des cartouches à bourres plastiques, d'aussi bons résultats de tir que les fusils à chambre et cartouches

Digitized by Google

bien ajustées. Ils permettent l'emploi de cartouches de longueur quelconque. Ils n'ont qu'un seul inconvénient, c'est de donner un

Fig. 62.

Chambre trop longue ou étui trop court.
Bourre peu plastique.



mauvais tir à balles. Ce dernier genre de tir est si exceptionnel, avec les fusils de chasse lisses, que nous considérons le fusil sans chambre comme très recommandable pour le tir à plombs.

VI. — Influence de l'état intérieur des canons cylindriques.

Il n'y a pas de différence de dispersion bien sensible entre les tirs d'une même espèce de cartouches, d'une part, dans un canon cylindrique en parfait état d'entretien et, d'autre part, dans un canon semblable, mais rouillé, mal poli et cabossé. Toutefois, un canon bien poli, déformant moins les plombs, donne généralement un tir un peu moins dispersé et s'encrasse moins vite qu'un canon rugueux.

VII. — Influence de la longueur du canon.

Nous avons étudié l'influence de la longueur du canon sur la dispersion avec des fusils cylindriques du calibre 32, dont nous avons fait varier la longueur du canon par degrés, depuis $1^{m},62$ jusqu'à $0^{m},510$, qui est la longueur du canon du mousqueton d'artillerie, mod. 1874. Les longueurs ont donc varié plus que du simple au triple et ont dépassé de beaucoup, en dessus et en dessous, les longueurs des armes de chasse les plus longues et les plus courtes.

La dispersion a été identiquement la même dans tous ces canons avec des cartouches à charges fort variées.

On peut donc en conclure que, dans les limites où varie la lon-

Digitized by Google

gueur des canons des armes de chasse, cette longueur n'a aucune influence sur la dispersion.

VIII. — Influence de l'épaisseur du canon.

L'épaisseur des parois du canon est sans influence appréciable sur la dispersion du tir à plomb.

Nous disposions, pour les essais que nous avons faits, de plusieurs canons à parois très épaisses. Ces canons ont donné exactement la même dispersion que les canons de fusil de chasse, ayant l'épaisseur ordinaire et mêmes dispositions intérieures, que nous avons tirés comparativement.

IX. — Influence du calibre.

Nous avons constaté que des cartouches calibre 16, d'une même espèce, tirées dans 2 canons, dont l'un a exactement $17^{mm},0$ de calibre et l'autre $17^{mm},20$, donnent la même dispersion. Des cartouches calibre 32, d'une même espèce, tirées dans 2 canons cylindriques, dont l'un a exactement $12^{mm},9$ de calibre, l'autre $13^{mm},6$, donnent également la même dispersion. On peut donc en conclure que les petites variations de calibre qui existent dans les fusils dénommés calibre 12, 16, ..., suivant leur provenance, sont sans influence sur la dispersion du tir à plombs.

B. Influence des éléments de la cartouche.

I. — Influence de la grosseur des grains de poudre et de la vivacité de la poudre noire.

Pour une même vitesse, la grosseur des grains de la poudre noire et la vivacité de la poudre n'ont aucune influence appréciable sur la dispersion *initiale*, tant avec les canons cylindriques qu'avec les canons choke-bored.

L'opinion que nous émettons repose sur le relevé de la dispersion de plusieurs centaines de coups tirés dans plusieurs fusils de calibres et de systèmes différents, avec des charges très variées des 11 espèces de poudre noire de chasse, ancien et nouveau type, de plusieurs autres espèces de poudres noires, dont quelques-unes très lentes, très progressives, qui ne sont pas dans le commerce,

Digitized by Google

des poudres au picrate d'ammoniaque et d'autres poudres encore. Nous ne donnons pas le détail de ces expériences, puisque le résultat en est négatif.

II. — Influence du poids de la charge.

Le poids de la charge de poudre n'a d'influence sur la dispersion qu'en tant qu'il fait varier la vitesse. Des charges différentes de poudres noires, inégalement fortes, qui donnent la même vitesse, donnent sensiblement la même dispersion du plomb.

III. — Influence de la vitesse.

Pour constater l'influence de la vitesse initiale, sur la dispersion initiale, on a réuni les divers résultats obtenus dans chaque arme avec les divers types de poudre, par groupes compris entre des limites de vitesse variant de 50^m en 50^m.

Les résultats de cette comparaison sont donnés dans le tableau D :

Digitized by Google

TABLEAU D. — *Variation de la dispersion avec la vitesse initiale. Tir à* 10^{m}.

FUSIL.	NUMÉRO du plomb	CANON.	ÉTRANGLEMENT à la bouche.	VITESSES INF. à 250^{m}.			VITESSES de 250^{m} à 300^{m}.			VITESSES de 300^{m} à 350^{m}.			VITESSES de 350^{m} à 400^{m}.			VITESSES de 400^{m} à 450^{m}.			VITESSES SUP. à 450^{m}.		
				Nombre de coups.	Ecart probable		Nombre de coups.	Ecart probable		Nombre de coups.	Ecart probable		Nombre de coups.	Ecart probable		Nombre de coups.	Ecart probable		Nombre de coups.	Ecart probable	
					vertical.	horizontal.		vertical.	horizontal.		vertical.	horizontal.		vertical.	horizontal.		vertical.	horizontal.		vertical.	horizontal.
Poudres noires diverses.																					
Calibre 16	2	choke-bored...	mm 1,0	»	cm »	cm »	20	cm 3,22	cm 2,80	60	cm 3,12	cm 3,03	50	cm 3,12	cm 3,04	»	cm »	cm »	»	cm »	cm »
Id.	2	cylindrique ...	0	10	5,6	5,3	50	5,55	5,30	20	5,79	5,96	25	5,63	5,75	»	»	»	30	5,63	5,75
Calibre 12	2	choke-bored...	0,46	»	»	»	»	»	»	18	3,25	2,98	24	3,23	3,12	5	3,2	3,4	»	»	»
Id.	8	Id. ...	0,6	»	»	»	»	»	»	10	4,7	4,2	30	4,18	4,03	15	4,23	4,04	»	»	»
Cal. 32, n° 1	2	cylindrique ...	0	20	4,82	4,82	5	4,6	5,1	10	5,3	5,3	10	5,2	5,4	30	5,43	5,25	20	5,79	5,40
Calibre 10	4	choke-bored...	0,95	»	»	»	»	»	»	»	»	»	10	5,4	5,2	5	4,6	4,8	5	5,6	6,0
Calibre 8.	4	Id. ...	1,75	5	3,9	3,9	»	»	»	20	5,0	5,4	5	3,8	4,2	5	3,5	4,1	5	5,1	5,1
Poudre pyroxylée (ancien type).																					
Calibre 16	2	choke-bored...	1,0	15	4,07	3,94	20	3,27	3,07	12	3,33	3,04	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Id.	2	cylindrique ...	0	5	4,9	4,0	10	4,7	5,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Calibre 12	2	choke-bored...	0,6	5	3,1	3,0	5	4,1	3,8	10	3,9	3,3	5	3,6	4,0	»	»	»	»	»	»
Calibre 32	2	cylindrique ...	0	»	»	»	5	5,1	5,0	5	4,5	4,8	5	5,0	4,5	»	»	»	»	»	»
Calibre 10	4	choke-bored...	0,95	»	»	»	»	»	»	»	»	»	5	3,6	4,2	5	4,0	3,7	»	»	»
Id.	4	Id. ...	1,40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	5	4,2	4,3	5	4,5	3,9	»	»	»

Digitized by Google

L'examen de ce tableau donne lieu aux remarques ci-après :

1° *Poudre noire.* — La vitesse peut varier de 200^{m} à 500^{m}, c'est-à-dire beaucoup plus qu'elle ne varie dans la pratique, sans avoir d'influence notable sur la dispersion du plomb tiré dans les fusils calibres 8, 10, 12 et 16, que le canon soit cylindrique ou choke-bored.

Avec le fusil calibre 32, à canon cylindrique employé dans les expériences, la dispersion a augmenté, mais très lentement, avec la vitesse. Avec ce fusil, qui provenait de la transformation d'un fusil mod. 1874 en fusil de chasse calibre 32, le tir aux vitesses supérieures à 450^{m} a été environ $\frac{1}{5}$ plus dispersé que le tir aux vitesses inférieures à 250^{m}.

2° *Poudre pyroxylée* (*ancien type*). — Pour tous les fusils, la dispersion est restée sensiblement la même, quelle que soit la vitesse, sauf toutefois aux vitesses inférieures à 250^{m}. Ajoutons de suite que, dans ce cas, la combustion de la poudre pyroxylée se fait fort mal et que les vitesses sont extrêmement irrégulières.

IV. — Dispersion comparée de la poudre noire et de la poudre pyroxylée.

Pour chacune des armes, dont le tir est relaté ci-dessus, nous avons fait la moyenne générale des tirs à 10^{m}, sans tenir compte de la vitesse :

1° Pour l'ensemble des poudres noires ;

2° Pour la poudre pyroxylée (ancien type).

Digitized by Google

TABLEAU E. — *Dispersion comparée du tir avec les poudres noires et du tir avec la poudre pyroxylée.*

TIR A 10^{m}.

FUSIL.	CANON.	ÉTRANGLEMENT.	NUMÉRO du plomb.	POUDRE NOIRE.			POUDRE PYROXYL.		
				Nombre de coups.	Écart probable		Nombre de coups.	Écart probable	
					vertical	horizontal.		vertical.	horizontal.
		mm			cm	cm		cm	cm
Calibre 16..	choke-bored	1,0	2	130	3,14	3,0	47	3,54	3,34
Id. ..	cylindrique	0,0	2	135	5,62	5,58	15	4,77	4,66
Calibre 12..	choke-bored	0,6	1	47	3,24	3,10	25	3,72	3,47
Id. ..	Id.	»	8	55	4,29	4,07	»	»	»
Cal. 32, n° 1	cylindrique	0,0	2	95	5,30	5,20	15	4,87	4,77
Calibre 10..	choke-bored	0,95	4	10	5,4	5,3	10	3,8	3,9
Id. ..	Id.	1,40	4	10	4,1	4,1	10	4,3	4,1
Calibre 8...	choke-bored	1,70	4	10	4,7	5,1	10	3,3	3,5
Id. ...	Id.	1,75	4	10	3,1	5,7	10	3,1	3,5
				502			142		

La poudre pyroxylée a donné un peu plus de dispersion que la poudre noire, dans les canons choke-bored calibres 16 et 12 employés. Les raccordements des étranglements de ces 2 canons sont coniques et en pente douce. L'étranglement du calibre 16 est relativement fort, celui du calibre 12 est relativement faible. Dans ces 2 fusils on tirait de la grenaille de plomb pur avec des étuis en carton.

La poudre pyroxylée a donné notablement moins de dispersion que la poudre noire dans les canons choke-bored, calibres 8 et 10. Les étranglements de 3 des canons de ces fusils sont très prononcés, l'étranglement du 4^{e} canon est relativement faible. Les raccordements sont de forme parabolique. Dans ces deux fusils on tirait de la grenaille de plomb durci avec des étuis entièrement métalliques.

Avec les 4 canons cylindriques employés, la poudre pyroxylée a donné moins de dispersion que la poudre noire.

Digitized by Google

V. — Dispersion comparative des canons choke-bored et cylindriques.

La dispersion à 10^{m} d'un très bon canon choke-bored est environ les $\frac{2}{3}$ de celle d'un canon cylindrique.

VI. — Influence du poids de la charge de plomb sur la dispersion.

Nous avons fait plusieurs séries de tirs dans lesquels on tirait une même charge de poudre avec des charges de plomb variables.

Tirs avec des charges de plomb variables à la distance de 10^{m}.

FUSIL.			POUDRE.		PLOMB.		NOMBRE de coups tirés.	VITESSE initiale.	ÉCART PROBABLE	
Calibre.	Désignation.	Canon.	Poids.	Nature.	Poids.	Numéro.			vertical.	horizontal.
			gr		gr			m	cm	cm
16	Pour la mesure des pressions. Canon épais.	cylindrique	4,0	forte 4	10	2	5	526	5,3 (1)	5,3 (1)
»		Id.	»	Id.	20	.	5	421	6,0	5,8 (1)
»		Id.	»	Id.	30	.	5	353	5,7	6,4 (1)
»		Id.	»	Id.	40	.	5	290	5,8	5,4 (1)
»		Id.	»	Id.	60	.	5	297	5,9	5,9 (1)
»		Id.	»	Id.	80	.	5	206	6.6	6,7 (1)
»		Id.	5	ordin. 1	30	2	.	.	5,6	5,6 (1)
»		Id.	5	Id.	55	2	.	.	5,8	6,7 (1)
12	Spencer	choke-bored	1,50	forte 2	10	2	5	473	6,5 (2)	7,0 (2)
»	Id.	Id.	»	Id.	20	»	»	453	3,8	3,4
»	Id.	Id.	»	Id.	30	»	»	387	3,8	3.6
»	Id.	Id.	»	Id.	40	»	»	349	3,3	3,6
»	Id.	Id.	»	Id.	48	»	»	315	3,3	3,4
10	basc. angl.	choke-bored	8,0	forte 2	30	2	5	455,5	5.6	6,0 (2)
»	Id.	Id.	»	Id.	45	»	»	395,0	4,6	4,8 (2)
»	Id.	Id.	»	Id.	60	»	»	352	4,1	4,8 (2)
8	basc. angl.	choke-bored	12,0	ordin. 2	30	2	5	518	5,1	5,1 (1)
»	Id.	Id.	»	Id.	60	»	»	429,5	3,5	4,1 (1)
»	Id.	Id.	»	Id.	90	»	»	376	3,8	4,2 (1)

(1) Bourre de laine graissée. — Bourre de feutre sur le plomb, pas de sertissage.
(2) Mauvais fonctionnement de la bourre dans le tir à 10^{gr} de plomb.
(3) Étuis métalliques un peu trop longs pour la chambre.
(4) Étuis métalliques.

Digitized by Google

Il résulte de ces expériences que la dispersion du plomb de chasse peut être pratiquement considérée comme indépendante du poids de la charge de plomb.

VII. — Influence de la grosseur du plomb.

La grosseur des grains de plomb a une influence très notable sur la dispersion.

En faisant le relevé des tirs exécutés avec plusieurs fusils et des plombs variant depuis le n° 00 jusqu'au n° 12, nous avons constaté que, quels que soient le fusil et la charge ou la nature de la poudre, la dispersion du tir est d'autant plus grande que le plomb est plus petit. En cherchant une loi empirique, pour représenter ces variations, nous avons trouvé que *le produit de la dispersion* (1) *par la racine carrée du diamètre des plombs est un nombre constant pour un même fusil.*

En exprimant la dispersion du plomb n° 00 par 1,00, la dispersion à 10^m,0 des autres numéros de plomb sera donnée par le tableau suivant :

NUMÉROS des plombs.	DIAMÈTRE des grains.	NOMBRE DE GRAINS dans 30 grammes.	DISPERSION.
	mm		
00	5,32	34	1,00
0	4,46	57	1,09
2	3,90	86	1,17
4	3,43	127	1,25
6	3,02	185	1,33
8	2,67	270	1,44
10	2,21	490	1,55
11	1,90	750	1,67

Un même numéro de plomb donne une dispersion d'autant moindre que le calibre du fusil est plus petit; mais le rapport de la dispersion des différents numéros de plomb tiré dans un même fusil reste à peu près le même, quel que soit le calibre.

(1) Celle-ci étant exprimée par une donnée quelconque, par exemple le côté du rectangle ou le rayon du cercle contenant une fraction donnée des coups.

Digitized by Google

VIII. — Plomb pur et plomb durci.

Les déviations initiales de la grenaille de plomb durci sont égales à celles de la grenaille en plomb pur.

IX. — Tir avec des grains cylindriques.

Nous avons chargé des cartouches calibre 16, chacune avec 84 cylindres de cuivre très réguliers, dont le diamètre était égal à la hauteur et de 3^{mm}. Ces cylindres avaient été disposés dans les cartouches en 6 couches régulières de 14 cylindres, chaque cylindre touchant ceux qui étaient au-dessus et au-dessous de lui par ses bases planes. Le poids des 84 cylindres était de $25^{gr},2$. Ces cartouches ont donné une dispersion, à 10^{m}, sensiblement plus forte que celle qu'eût donnée une charge de grenaille de plomb dans le même canon.

X. — Charges grillagées.

Nous avons expérimenté des charges grillagées provenant de la Société française des munitions de chasse. Ces charges comportent un grillage en fil de fer à mailles de 4^{mm} environ, fermé d'un côté et complètement ouvert de l'autre. Ce grillage est entouré d'un papier fort. Le plomb est versé dans ce grillage, et les interstices en sont garnis avec de la poussière d'os.

Les charges grillagées doivent être placées dans la cartouche, l'ouverture du grillage en dessus; un numéro, placé sur la charge, indique le côté de l'ouverture. Une bourre de feutre mince se trouve en avant de la charge de plomb, une autre en arrière.

Tir à 10^{m}. *Cartouches calibre* 16, *chargées à* 1^{gr} *poudre forte n°* 3. *Bourre de laine feutrée, comprise entre* 2 *cartons placés sur la poudre. Charge grillagée* ($31^{gr},4$ *de plomb n°* 6, 203 *grains*).

		Écart probable vertical.	Écart probable horizontal.	
		cm	cm	
Ouverture du grillage en avant.	Canon cylindrique..	5,0	5,0	
	» choke-bored.	4,2	4,7	
Ouverture du grillage en arrière.	Canon cylindrique..	5,2	5,0	Les coups font parfois balle ou presque balle.
	» choke-bored.	4,5	4,1	

Digitized by Google

Si l'on compare ces résultats à ceux que fournissent les charges non grillagées, on constate que les charges grillagées donnent, dans les canons cylindriques, un tir un peu moins dispersé et, dans les canons choke-bored un tir plus dispersé que les charges de plomb ordinaire en vrac.

L'action du grillage s'explique par le fait qu'il s'oppose assez efficacement avec les canons cylindriques à l'étalement de l'arrière de la charge de plomb au sortir du canon.

XI. — Agglomération des grains de plomb.

Nous avons fait des cartouches dans lesquelles les plombs une fois en place étaient agglomérés par différents mélanges agglutinants (résine, soufre, cire et graisse, etc.). Ces cartouches ont toujours fourni des résultats médiocres.

Avec certains mélanges le coup fait balle à toutes les distances. Avec d'autres mélanges assez friables, la charge se brise dans le canon en un plus ou moins grand nombre de morceaux, mais, même dans ce cas, le mélange agglutinant reste fréquemment collé aux grains, diminue leur vitesse et accroît rapidement leur dispersion.

XII. — Mélanges pulvérulents.

On peut également mettre dans le plomb, pour en combler les vides, des mélanges pulvérulents et peu compressibles, tels que de la fécule, du talc, etc. Ces mélanges ont l'avantage de modérer beaucoup la déformation des grains en plomb pur. Ils ont ainsi pour effet, aux grandes distances, de diminuer la dispersion et d'augmenter le nombre de grains efficaces, mais ils offrent l'inconvénient d'accroître la fumée du coup et d'augmenter un peu le poids de la charge.

XIII. — Influence de l'étui.

Les étuis métalliques donnent la même dispersion que les étuis à corps de carton.

Quand un étui en carton se fissure longitudinalement, il se produit dans le carton un canal trop étroit et trop profond pour être obturé par la bourre et par lequel les gaz de la poudre pénètrent dans la charge de plomb.

Digitized by Google

Nous avons déjà dit que, dans ce cas, on observe une perte de vitesse qui, en moyenne, est de 50^{m} avec les étuis en carton. On observe, en outre, une dispersion du tir qui, à 10^{m}, est généralement moitié plus grande que celle que donne un étui non fendu.

XIV. — Cartouches sectionnées.

Les effets produits sont très différents suivant que la cartouche est sectionnée en avant ou en arrière de la bourre.

Cartouches seotionnées en arrière de la bourre. — Lorsque l'étui est de bonne qualité et n'est pas brisé à la sortie du canon, le paquet de plomb reste contenu dans la portion d'étui détachée, le coup fait balle à toutes les distances.

En dirigeant le tir de façon à frapper le sol un peu en avant du but, la portion d'étui contenant le plomb crève généralement en rencontrant le sol, surtout si celui-ci est dur; dans ce cas, le plomb se disperse au moment de la rupture comme le font les éclats d'un obus à balles percutant à très faible charge intérieure. On peut ainsi obtenir à une distance quelconque, sur un objectif placé un peu au delà du point de chute du paquet, une gerbe d'autant plus serrée que l'intervalle entre le point de chute et le but est moindre. La dispersion des plombs est assez régulière lorsque le sol sur lequel se brise l'étui est dur et régulier comme l'est celui d'une route; il est toutefois plus dispersé en hauteur qu'en largeur.

Nous avons pu ainsi obtenir, avec un fusil de chasse ordinaire, à des distances de 50^{m} à 100^{m}, des groupements dont les dimensions totales sur le but ne dépassaient pas quelques décimètres.

Cette méthode de tir est curieuse, mais n'est nullement recommandable pour la chasse.

Le tir du paquet formé par la portion d'étui et le plomb a un trajet fort irrégulier dans l'air, étant tiré dans un fusil lisse. Il n'est, par suite, pas possible de frapper sûrement le sol au point convenable pour produire de l'effet sur le but à atteindre.

Pour que le tir de ce paquet fût régulier, il faudrait le tirer dans un fusil rayé; mais, avec ces armes, la force centrifuge ferait déchirer le carton de la portion d'étui contenant le plomb dès la sortie du canon, comme elle fait déchirer les

Digitized by Google

enveloppes en zinc des boîtes à mitraille tirées dans les pièces d'artillerie rayée.

Pour résister à cette action centrifuge, il faudrait mettre le plomb dans une enveloppe très résistante en tôle métallique et faire alors un véritable obus à parois résistantes. Il faudrait ensuite organiser cet obus pour le faire éclater soit en l'air, soit au point de chute, de façon à permettre soit le tir fusant, soit le tir percutant.

Nous reviendrons plus loin sur cette idée.

Cartouches sectionnées en avant de la bourre. — Lorsque la cartouche est sectionnée en avant de la bourre, la plus grande partie du plomb quitte généralement l'étui peu après la sortie du canon et se disperse comme l'eût fait une charge ordinaire. Toutefois, la sortie du plomb peut, dans certains cas, ne se faire que petit à petit, et l'on obtient parfois, avec des cartouches ainsi sectionnées, des groupements remarquablement serrés à de grandes distances.

Les effets de ce tir sont essentiellement irréguliers. On pourra, faute de mieux, en essayer les effets sur des animaux trop farouches pour pouvoir être atteints avec le tir ordinaire. On pourra quelquefois avoir ainsi des coups de hasard heureux.

XV. — Concentrateurs.

Il n'est pas très commode de sectionner convenablement les cartouches avant de les mettre dans le canon. Des chasseurs ont cherché à obtenir le même résultat en introduisant dans la portion de l'étui où se trouve le plomb un ou deux tubes de carton qui partent avec le plomb et jouent à la sortie du canon le rôle de l'étui sectionné. Ces tubes de carton sont appelés dans le commerce des *concentrateurs*.

Nous avons constaté que les concentrateurs formés, pour le calibre 16, de deux anneaux de carton de 12^{mm} de haut et entrant à forcement dans l'étui, diminuent sensiblement la dispersion initiale des canons cylindriques et n'ont pas d'influence sur le tir des canons choke-bored.

L'action du concentrateur s'explique comme celle du grillage,

Digitized by Google

par le fait qu'il empêche l'étalement de l'arrière de la charge de plomb au moment où elle sort du canon.

XVI. — Influence de la bourre.

A condition de bien remplir son rôle d'obturateur, la bourre n'a pas d'influence sur la dispersion du plomb. Quand la bourre obture mal, la dispersion s'accroît dans des limites considérables, et cela plus avec les canons cylindriques qu'avec les canons choke-bored.

La bourre doit être graissée pour nettoyer le canon à chaque coup. Si elle ne remplissait pas ce rôle, la dispersion s'accroîtrait avec l'encrassement du canon. Ce rôle est d'autant plus important que l'air extérieur est plus sec, que le tir est plus rapide et la poudre plus encrassante.

CHAPITRE III.

DÉVIATIONS POSTÉRIEURES A LA SORTIE ET ÉCARTS DU PLOMB AUX DIVERSES DISTANCES.

I. — Les écarts du plomb varient en fonction de la portée.

Dans un grand nombre de séries de tirs faits à diverses distances avec un même fusil et un même numéro de plomb, nous avons constaté qu'à portée égale les écarts du plomb sont égaux, quelle que soit la vitesse initiale, lorsque celle-ci varie entre 260^m et 395^m.

II. — Écarts du plomb aux diverses distances.

Le tableau ci-après donne les écarts aux diverses distances des plombs n° 2 et n° 11.

Pour déterminer ces écarts, nous avons employé plusieurs fusils choke-bored et cylindriques, savoir un fusil à répétition, calibre 12, système Spencer; 3 fusils doubles à bascule, calibre 12, 10 et 8, de chez l'armurier anglais Greener; 1 fusil double, calibre 16,

Digitized by Google

de Saint-Étienne; 1 fusil double, calibre 16, de Paris; 1 fusil à simple canon, calibre 16, à fermeture modèle 1874; 3 fusils, calibre 32, à fermeture modèle 1874 et à canons de forme et de longueurs variées.

Tous les canons cylindriques de ces armes ont donné sensiblement les mêmes résultats, et, quant aux canons choke-bored, les résultats ont été assez peu différents les uns des autres.

D'un coup à l'autre, la dispersion est susceptible de varier, dans un même fusil et avec une même espèce de cartouche, presque du simple au double. On ne devra donc pas être surpris si, dans une expérience isolée de quelques coups, on obtient des résultats quelque peu différents des résultats moyens que nous donnons ci-contre. Ces résultats résultent d'un grand nombre d'expériences faites avec des cartouches de très bonne qualité, fabriquées avec grand soin et chargées avec de la grenaille de plomb pur.

La dispersion a été mesurée jusqu'à 80^{m}.

Digitized by Google

PORTÉE.	PLOMB N° 2.			PLOMB N° 11.		
	ÉCART probable des grains.	DIAMÈTRE de la gerbe contenant		ÉCART probable des grains.	DIAMÈTRE de la gerbe contenant	
		75 pour 100 des grains.	98 pour 100 des grains.		75 pour 100 des grains.	98 pour 100 des grains.
			Canons choke-bored.			
m	m	m	m	m	m	m
10	0,032	0,16	0,26	0,040	0,20	0,33
20	0,078	0,39	0,65	0,11	0,54	0,91
30	0,135	0,67	1,10	0,22	1,1	1,8
40	0,20	0,99	1,65	0,38	1,9	3,1
50	0,28	1,40	2,3	0,59	2,9	4,9
60	0,39	1,95	3,2	0,83	4,1	6,9
70	0,52	2,60	4,3	1,10	5,4	9,1
80	0,70	3,45	5,8	1,35	6,7	11,2
			Canons cylindriques.			
10	0,056	0,28	0,46	0,057	0,28	0,47
20	0,12	0,59	0,99	0,14	0,69	1,2
30	0,195	0,94	1,62	0,27	1,30	2,2
40	0,27	1,35	2,25	0,45	2,2	3,7
50	0,36	1,80	3,0	0,67	3,3	5,5
60	0,47	2,30	3,9	0,93	4,6	7,7
70	0,60	3,00	5,0	1,18	5,8	9,8
80	0,77	3,80	6,4	1,45	7,2	12,0

III. — Influence de la grosseur du plomb.

Le tableau ci-dessus fait voir que la dispersion s'accroît relativement d'autant plus vite que le plomb est plus petit.

A 60^{m}, les chevrotines ont une dispersion qui n'est que les 0,7 de celle du plomb n° 2.

IV. — Influence du durcissement ou des déformations.

Des tirs comparatifs, faits avec de la grenaille de plomb pur et de la grenaille en plomb bien durci, nous ont fait voir que la dispersion du plomb durci s'accroît relativement moins vite que celle du plomb pur. A 45^{m}, les écarts du plomb durci ne sont que les $\frac{83}{100}$ de ceux du plomb pur de même numéro. Cette moindre dispersion est due aux moindres déformations du plomb durci.

Digitized by Google

Les matières pulvérulentes placées dans le plomb ordinaire diminuent également la dispersion du plomb aux grandes distances.

En général, toutes les causes qui diminuent la déformation des grains ont également pour effet de rendre la dispersion moins rapidement croissante avec la portée ou, plus exactement, de rapprocher l'accroissement des écarts de la proportionnalité aux portées.

Ces causes ont également pour effet d'accroître le nombre de grains efficaces à une portée donnée, car les grains déformés perdent plus rapidement leur vitesse que les grains restés sphériques.

Les causes principales susceptibles de diminuer les déformations des grains sont : le durcissement du plomb, l'emploi de poudres très lentes, l'emploi de tubes ou enveloppes de papier entourant le plomb pendant le trajet dans le canon et empêchant l'usure des grains périphériques sur les parois du canon, les matières pulvérulentes mélangées au plomb, etc.

V. — Influence de l'étranglement.

Un canon qui a un très fort étranglement, soit $\frac{1}{12}$ de calibre, donne aux petites distances un tir un peu plus serré qu'un fusil à étranglement moins prononcé; mais, en raison de son fort étranglement, il déforme notablement les plombs; les écarts s'accroissent, par ce fait, relativement vite et, en fin de compte, il ne donne pas au delà de 30^{m} des tirs plus serrés que ceux d'un fusil à étranglement moins fort.

Pour produire un même effet sur la dispersion, l'étranglement doit être d'autant plus considérable que la pente du raccordement est plus douce.

Les meilleurs résultats sont, en somme, obtenus avec des étranglements très modérés ($\frac{1}{30}$ de calibre) et des raccordements relativement raides. Un fusil étranglé dans ces conditions déforme peu le plomb et fournit, au delà de 30^{m}, des tirs au moins aussi serrés que les fusils à étranglement très prononcé.

Digitized by Google

NEUVIÈME PARTIE.

RÉGLAGE DU TIR.

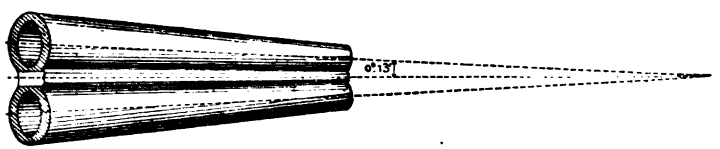
CHAPITRE PREMIER.

RÉGLAGE DES FUSILS.

I. — Convergence des canons.

Pour que les deux canons d'un fusil double portent dans la même direction, il faut que les deux canons fassent entre eux un certain angle dans le plan horizontal. Cet angle s'appelle la *convergence;* sa valeur se détermine par l'expérience (*fig.* 63).

Fig. 63.



Vue en dessus des canons d'un fusil de chasse.

Pour les fusils doubles tirant des cartouches à plomb chargées normalement, la convergence ou l'angle que font entre eux les axes des 2 canons doit être de 20 à 25′.

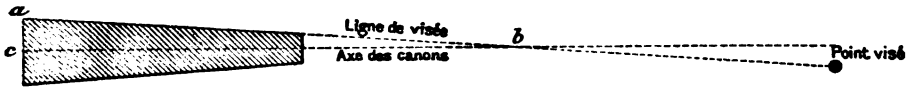
II. — Angle de mire.

On pointe les armes de chasse en visant par l'arrière de la bande et le sommet du guidon. La ligne ainsi déterminée est à peu près parallèle aux génératrices supérieures des canons. Or, comme les canons sont plus épais au tonnerre qu'à la bouche, la ligne de visée ainsi déterminée fait dans le plan vertical un angle *abc* (*fig.* 64) avec l'axe des canons.

Digitized by Google

Cet angle, assez variable suivant les armes, a été trouvé de 0°5o′ pour 2 fusils calibre 16 à fermeture Lefaucheux bien réglés et de

Fig. 64.



0°17′ à 0°20′ pour 2 fusils calibre 12 et 16 à clef entre les chiens également bien réglés.

Pour qu'un fusil soit dans les meilleures conditions au point de vue du tir, on verra plus loin (chapitre des corrections de pointage) qu'il faut qu'à la distance de 10^{m} il porte 2 à 3^{cm} au-dessus du point visé et dans le plan vertical passant par ce point.

III. — Variation du réglage avec la charge de poudre.

Lorsqu'on exécute des tirs avec des charges variables de poudre, on constate que le centre de la gerbe occupe une position constante et bien définie pour une même espèce de cartouches régulièrement faites, mais que cette position de la gerbe varie notablement avec la charge ou, plus exactement, avec la vitesse des plombs.

Le graphique suivant (*fig.* 65) donne les positions relatives des points visés et du centre des gerbes obtenues à 10^{m} avec 3 fusils, différentes charges et différentes espèces de poudre ancien type.

Nous avons expérimenté de la même façon un très grand nombre d'autres fusils de chasse à bascule de divers systèmes et un fusil de chasse à répétition, système Spencer. Tous nous ont donné des résultats analogues à ceux reproduits ci-après. *Tous les fusils à bascule portent, à partir d'une certaine charge, d'autant plus bas que la charge est plus forte.* Le fusil Spencer est dans les mêmes conditions.

La plupart des fusils calibre 16 portent en dessous du point visé à 10^{m} quand la charge est supérieure à 3^{gr} de poudre forte n° 3.

La moyenne des fusils calibre 12 porte sensiblement au-dessous du point visé quand la charge dépasse 4^{gr} de poudre forte n° 3.

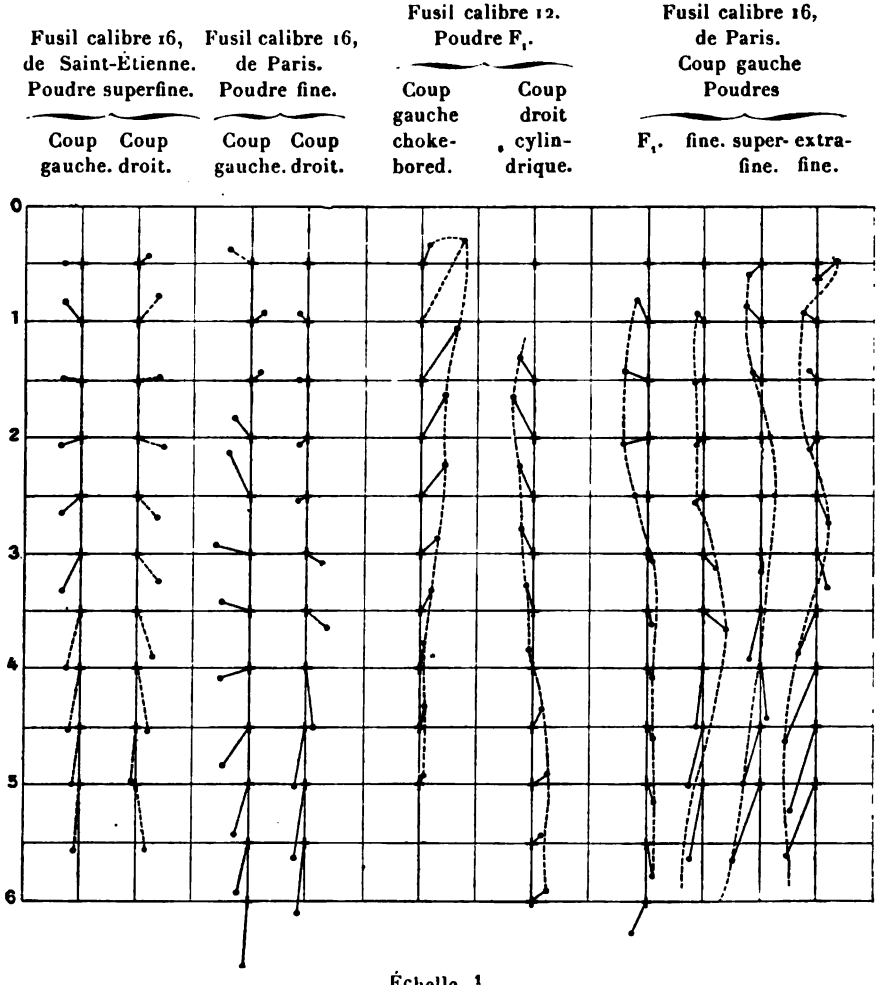
Ajoutons, toutefois, que la plupart des fusils calibre 12, à bas-

Digitized by Google

cule, sont relativement mieux réglés aux fortes charges que les fusils calibre 16.

Fig. 65.

GRAPHIQUE n° 36. — Positions relatives des points visés et des points moyens dans des tirs à charges variables, faits à 10m avec des fusils de chasse tirant à plomb.



Échelle $\frac{1}{10}$.

Explication des signes.

+ Point visé. • Point moyen obtenu en visant +. + • Point visé et point moyen correspondant.

Digitized by Google

La plupart des fusils calibre 16, à bascule, se trouvent tellement mal réglés avec des charges un peu fortes que, si l'on vise exactement avec un canon choke-bored, toute la partie dense de la gerbe passe au-dessous du centre du but. C'est le défaut de réglage et l'habitude qu'ont les chasseurs d'essayer leurs fusils trop loin et sur des cibles trop petites, qui ne peuvent recueillir qu'une partie des plombs, qui ont fait croire à tant d'entre eux que le tir est plus ou moins serré, suivant la charge de poudre. Il est évident que, si un fusil est très mal réglé avec de fortes charges, en tirant sur une cible petite et éloignée, on n'atteindra le but qu'avec une portion peu garnie de la gerbe. De là à en conclure que la charge employée disperse le plomb, il n'y a qu'un pas pour ceux qui ne se rendent pas compte que la partie la plus garnie de leur gerbe a passé en dessous du but.

IV. — Vibrations des armes et influence de ces vibrations sur le réglage.

Dans toutes les armes portatives, le centre de gravité de l'arme est situé en dessous et à une certaine distance de l'axe des canons. Il résulte de cette disposition que, lorsque le coup part, l'arme pivote en même temps qu'elle recule. Le bout du canon se relève et la crosse tend à s'abaisser. Ce mouvement de pivotement se produit autour du centre de gravité si l'arme n'est pas appuyée, et se produit autour de l'épaule si le fusil est appuyé à l'épaule.

Toutefois, en raison de l'élasticité de l'épaule, le très petit mouvement de recul et de pivotement qui a lieu avant la sortie du projectile hors du canon se produit, pour une arme appuyée à l'épaule, comme si la crosse n'était pas appuyée. La réaction de l'épaule ne se fait sentir qu'après que le fusil a reculé d'une certaine quantité et lorsque le projectile est déjà hors du canon. Un bon tireur peut, du reste, constater facilement que, quelle que soit l'intensité de l'appui contre l'épaule, la réaction de l'épaule n'a aucune action appréciable sur le réglage du fusil.

Dans les armes à un seul canon, le centre de gravité de l'arme étant placé au-dessous de l'axe du canon, il ne se produit de pivotement que dans le plan vertical.

Dans les fusils de chasse doubles, à canons accolés dans un même plan horizontal, le centre de gravité de l'arme se trouve en

Digitized by Google

dessous de la génératrice de contact des deux canons. Il se trouve donc en dehors du plan vertical passant par l'axe de chacun des canons. Cette disposition a pour effet de produire un pivotement dans le plan horizontal, qui se compose avec le pivotement dans le plan vertical. La convergence des canons a pour but de remédier à la déviation résultant du pivotement dans le plan horizontal.

En raison de sa brusquerie, le mouvement de pivotement et de recul du fusil a pour effet d'entraîner des flexions assez importantes des différentes parties de l'arme. L'élasticité des pièces tend à les ramener à leur forme primitive, leur fait même dépasser la position d'équilibre et engendre ainsi un mouvement vibratoire qui commence dès que le fusil recule, et se continue encore quelques centièmes de seconde après la sortie du projectile.

Les flexions dues au pivotement et au recul, ainsi que les vibrations résultantes, ont pour une même arme d'autant plus d'amplitude que la vitesse de recul est plus grande. Pour des armes différentes, ayant même vitesse de recul, les vibrations ont d'autant plus d'amplitude que les pièces similaires de l'arme sont moins rigides et que le moment d'inertie des pièces excentriques par rapport à l'axe du canon qui tire est plus grand.

Lors du départ du coup, la fermeture des armes se chargeant par la culasse fléchit plus ou moins sous la pression des gaz de la poudre. Il en résulte une nouvelle cause de flexions. Les vibrations résultant de ces flexions ont d'autant plus d'amplitude que la pression des gaz est plus forte et la fermeture moins rigide. Ajoutons que les vibrations dues aux flexions de la fermeture des armes bien conçues ont beaucoup moins d'amplitude et sont généralement plus rapides que celles dues au pivotement.

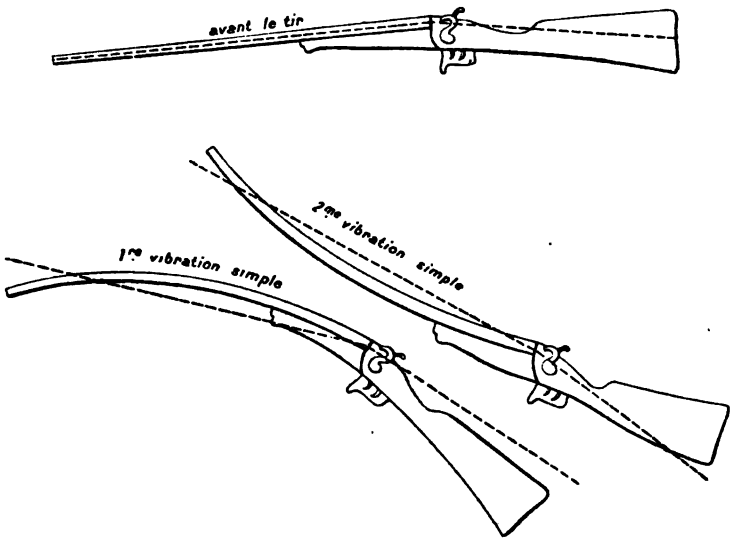
Un canon, même très mince, mais bien symétrique par rapport à son axe, qui est tiré sans monture et avec une fermeture qui ne fléchit pas, tel que l'est le canon d'un fusil à un coup se chargeant par la bouche, ne vibre pas, dans le tir, d'une façon sensible, quelle que soit la charge.

Les vibrations diamétrales et les accroissements de diamètre intérieur d'un canon de fusil calibre 16, produits par la pression du gaz ou le passage d'un projectile forcé, ne sauraient dépasser $0^{mm},1$ sans que le canon fût gonflé d'une façon permanente. Dans le cas

Digitized by Google

ordinaire, les vibrations diamétrales sont insensibles et sont, dans tous les cas, sans la moindre influence sur le tir.

Fig. 67.



Nous avons fait l'étude des mouvements vibratoires des armes de chasse en enregistrant les vibrations qui se produisent pendant le tir dans les différentes parties des armes.

Outre ce qui a déjà été signalé, nous avons pu constater les faits suivants :

Les vibrations dues au pivotement dans le plan vertical sont, à peu de chose près, identiques pour tous les fusils de chasse.

Nous représentons ci-dessus (*fig.* 67), en l'exagérant fortement et à dessein, la nature du mouvement vibratoire dans le plan vertical d'un fusil de chasse.

Dans les fusils de longueur ordinaire, un des nœuds des vibrations dues au pivotement se trouve à environ 30^{cm} de la bouche, l'autre nœud se trouve à peu près à hauteur des gachettes.

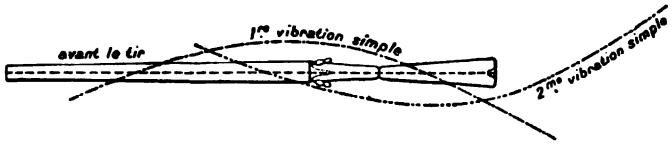
On peut se demander s'il serait possible de placer la bouche à un nœud de vibration en modifiant la longueur du canon.

Digitized by Google

La chose n'est pas réalisable. Quelle que soit la longueur du canon, les nœuds des vibrations ne sont jamais et ne peuvent pas être à la bouche.

La vibration dans le plan horizontal, produite sur un fusil

Fig. 68.



double par le départ du coup droit, est du genre représenté ci-dessus (*fig.* 68).

La durée de la période de tous les mouvements vibratoires d'une arme est indépendante de l'amplitude de ces vibrations. Cette durée ne dépend que de l'élasticité et de la forme des pièces soumises à la flexion.

La durée d'une vibration double due au pivotement dans le plan vertical est à peu près la même pour toutes les armes de chasse de tous les calibres et de tous les systèmes, et elle est d'environ $0^s,01$.

Les vibrations dues à la fermeture sont plus complexes et assez variables d'une arme à l'autre. Un fusil Lefaucheux, calibre 16, que nous avons étudié, avait de ce fait, dans le sens vertical, plusieurs mouvements vibratoires qui se composaient entre eux. La durée de la période du mouvement vibratoire principal dû à la fermeture était de $0^s,0015$; un autre mouvement vibratoire avait une période de $0^s,00007$.

Dans le sens horizontal, le mouvement vibratoire principal de ce fusil avait une période de $0^s,0034$.

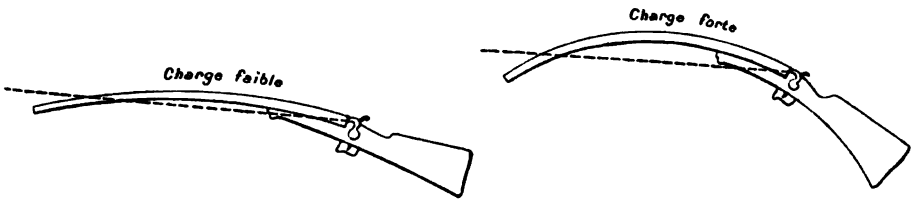
L'amplitude à la bouche des vibrations principales du même fusil, dans le sens vertical, était, dans le tir à charge normale, de $2^{mm},0$. Dans le sens horizontal, cette amplitude était de $1^{mm},2$.

Au moment où la charge de plomb, poussée par la poudre, sort d'un fusil de chasse, l'arme est généralement en train de terminer

Digitized by Google

la première vibration simple dans le plan vertical. Le canon a dans ce plan une courbure représentée *fig.* 69.

Fig. 69.



L'amplitude de cette vibration et l'inclinaison du bout du canon sur sa direction moyenne sont d'autant plus grandes que la vitesse de recul est plus grande. C'est pour cette cause que les fusils de chasse portent, ainsi que nous l'avons dit précédemment, d'autant plus bas que la charge est plus forte.

Avec une rigidité du canon très différente de ce qu'elle est en général dans les fusils de chasse, ou encore avec des durées de trajet dans le canon notablement différentes de ce qu'elles sont dans le tir de chasse normal, la sortie du plomb se ferait à un moment différent de la période vibratoire, et il pourrait se faire qu'entre certaines limites de variations de charge le coup portât d'autant plus haut que la charge est plus forte, ou encore ne variât que d'une façon insensible. Ces diverses conditions sont réalisées par beaucoup de types de fusils destinés au tir à balles.

Nous estimons qu'il n'y a pas lieu de nous étendre davantage sur ce sujet, qui, pour être exposé en entier, exigerait des développements considérables.

V. — Hausse corrigeant le défaut de réglage en hauteur.

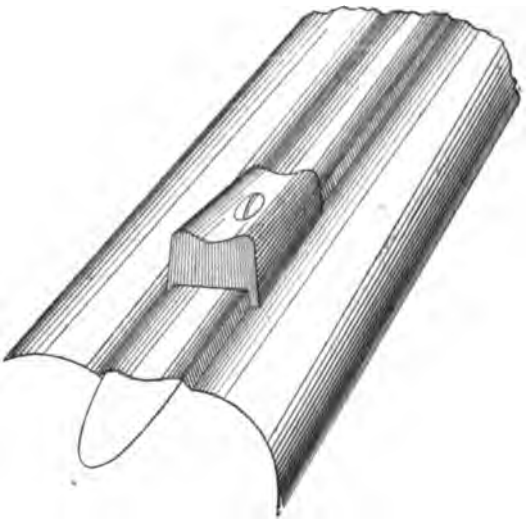
Il n'est pas possible de faire un appareil pratique pour corriger les écarts de réglage en direction des fusils de chasse. Il est assez rare, du reste, que ces écarts aient une valeur suffisante pour influer sensiblement sur les résultats d'un tir de chasse. Nous avons dit par contre que la plupart des fusils calibre 16 sont tellement mal réglés en hauteur que tout coup bien pointé et bien groupé doit manquer le centre du but, ou ne peut l'atteindre que par les plombs éparpillés sur les bords de la gerbe.

Digitized by Google

Quand on aura constaté un défaut pareil dans un fusil, on pourra y remédier en lui adaptant une hausse.

Le modèle représenté ci-dessous (*fig.* 70), placé sur plusieurs

Fig. 70.



fusils de chasse et maintenu sur la bande au moyen d'une vis, a complètement satisfait ceux qui ont eu à l'employer.

Ce type de hausse laisse à la ligne de visée son aspect habituel. Le pointage rapide sur un objet en mouvement est aussi facile avec cette hausse qu'avec un fusil sans hausse.

Pour déterminer la hauteur à donner à la hausse, on exécutera un tir à 10^{m} avec les cartouches que l'on compte employer; on déterminera la position du centre de la gerbe. Une simple proportion fixera la hauteur à donner à la hausse. Cette hauteur s'est trouvée être de 5^{mm} à 10^{mm} pour la plupart des fusils calibre 16 que nous avons expérimentés et que nous avons eu à régler.

Ce remède est applicable aux fusils déjà construits. Il est évident que les fabricants pourraient parer à ce défaut en surélevant la bande et en donnant plus de hauteur à la culasse. Quelques fabricants d'armes sont entrés récemment dans cette voie.

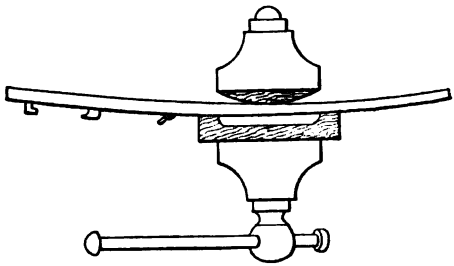
Il y a un autre moyen de corriger le défaut de réglage d'un fusil qui porte trop bas. Ce moyen consiste à fausser le canon à *long*

Digitized by Google

pli, de façon à donner à l'extrémité du canon une direction plus élevée que celle de l'ensemble du canon.

Pour faire cette opération, le canon est pris dans un étau et appuyé par la pression de l'étau contre une pièce de bois évidée, comme l'indique la *fig.* 71.

Fig. 71.



En agissant avec ménagement sur les différentes parties du canon, on arrive ainsi à lui donner une courbure permanente et régulière. Cette opération ne doit être confiée qu'à un ouvrier adroit.

Nous avons corrigé ainsi le défaut de réglage de plusieurs fusils qui étaient auparavant très mal réglés. La dispersion du tir à plombs n'en a été nullement modifiée, malgré une courbure fortement accentuée.

VI. — Résumé de l'influence du fusil sur le tir du plomb de chasse.

Nous résumerons ici en quelques lignes l'influence du fusil sur le tir du plomb de chasse.

Lorsqu'on tire des cartouches bien faites, appropriées à la chambre du fusil et chargées avec une même espèce de plomb dans des fusils de provenances diverses ou de systèmes différents, on constate que la dispersion des divers fusils à canon cylindrique et de même calibre est identique sur une moyenne d'un nombre suffisant de coups.

Les canons choke-bored donnent un tir plus serré que les canons cylindriques, la différence relative de dispersion va en diminuant avec la distance.

Digitized by Google

La dispersion du tir des canons choke-bored dépend de la grandeur de l'étranglement et de la forme du raccordement.

Nous avons indiqué précédemment (p. 75), quelles sont les dispositions les plus avantageuses à adopter pour cette partie du canon.

En dehors de cette question de l'étranglement, le fusil n'a pas d'influence propre sur la dispersion lorsque l'état intérieur du canon est passable au point de vue du poli, et que les cartouches sont appropriées à la chambre. Le mécanisme de fermeture, la longueur et les épaisseurs du canon, la composition de son métal (damas, acier fondu, fer forgé) n'ont aucune influence appréciable sur la dispersion.

Un fusil de 50^{fr}, bien organisé intérieurement, vaut, comme dispersion, un fusil du prix le plus exagéré.

S'il y a peu de différence entre les fusils, au point de vue de la dispersion, il est loin d'en être de même en ce qui concerne le réglage.

Le réglage de presque tous les fusils de chasse est mauvais; presque tous portent trop bas, et beaucoup d'entre eux sont mal réglés en direction lorsqu'on tire des cartouches chargées normalement.

Au point de vue du tir, c'est donc sur ce point que doit porter l'attention de l'acheteur.

Le réglage doit être vérifié par un tir ajusté à petite distance (10^{m} à 20^{m}), avec des cartouches ayant le chargement que l'on compte employer. (Il est bon, pour cette expérience, de faire soi-même ses cartouches et de ne pas s'en rapporter à l'armurier.) A cette distance, le centre de la gerbe doit porter de 3^{cm} à 5^{cm} au-dessus du point visé.

On peut actuellement trouver en France, pour des prix très modérés, des fusils de fabrication française bien réglés et qui valent autant, sinon mieux, à tous les autres points de vue, que les fusils de prix excessifs qu'a à nous offrir l'étranger.

Digitized by Google

CHAPITRE II.

CORRECTIONS DE POINTAGE.

I. — Possibilité des corrections de pointage.

L'importance que nous venons d'accorder au bon réglage des fusils suffit à faire comprendre combien nous croyons peu à la possibilité, pour un chasseur, de tenir compte des défauts de réglage de son fusil en faisant des corrections de pointage. Malgré cela, nous pensons qu'il n'est pas complètement inutile à un chasseur de savoir qu'il ne suffit pas toujours de viser le centre du but avec un fusil bien réglé pour amener le centre de la gerbe sur le but.

Le chasseur *idéal* qui penserait à tout dans le temps qui s'écoule entre le moment où il aperçoit une pièce et celui où il doit faire partir le coup, et qui, de plus, aurait une organisation physique susceptible d'exécuter exactement le pointage voulu, ferait, dans les diverses circonstances, des corrections de pointage dont nous allons déterminer le sens et l'importance dans ce qui suit.

II. — Cas où la correction de pointage est utile.

Dans quel cas est-il utile, avec un fusil bien réglé tirant à plombs, de faire des corrections de pointage pour tenir compte de la vitesse du but, de son éloignement ou encore de l'influence du vent?

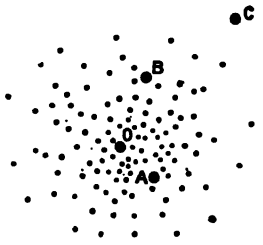
Si nous représentons (*fig.* 72) la section d'une gerbe de plomb, la correction sera inutile quand le but visé directement restera compris dans la partie dense de la gerbe, en A par exemple; la correction sera utile quand les positions relatives du but visé directement et du centre de la gerbe seront B et O; la correction sera indispensable pour que le coup produise de l'effet quand les positions relatives du but et de la gerbe seront C et O.

Pour déterminer l'utilité des corrections de pointage dans le

Digitized by Google

tir à plombs, il faut donc comparer la grandeur des corrections de

Fig. 72.



pointage et le rayon de la gerbe correspondant à la même distance.

· *Durée de trajet.* — Le calcul des corrections de pointage nécessite la connaissance des durées de trajet. Nous donnons ci-après les durées de trajet des plombs n^{os} **2** et **11**. Ces durées ont été mesurées avec un chronographe à diapason.

Vitesse initiale du plomb n° **2** = 363^{m}
Id. n° **11** = 360^{m}

PORTÉES.	DURÉES DE TRAJET.	
	Plomb n° 2.	Plomb n° 11.
m	s	s
10	0,030	0,033
20	0,065	0,075
30	0,103	0,127
40	0,146	0,192
50	0,195	0,270
60	0,252	0,363
70	0,317	0,472
80	0,391	0,606
90	0,476	0,772
100	0,574	0,974
110	0,686	
120	0,818	
130	0,976	
140	1,165	
150	1,390	

Digitized by Google

III. — Corrections de pointage pour tenir compte de la vitesse du but.

Les corrections de pointage à faire pour atteindre un but en mouvement dépendent de la vitesse du but dans le plan perspectif du tireur et de la façon dont s'exécute le tir.

A une même portée, les corrections de pointage à faire doivent être proportionnelles à la vitesse perspective du but.

Lorsque le but se meut dans le sens du tir, la vitesse perspective est nulle, ainsi que la correction de pointage.

Pour une même vitesse absolue, et à une même distance, la vitesse perspective est d'autant plus grande que la direction du mouvement du but se rapproche davantage de la perpendiculaire à la direction du tir.

Dans ce qui suit, nous calculerons les corrections maximum se rapportant au cas où le but se meut perpendiculairement à la direction du tir.

Le tir au fusil sur but mobile peut s'exécuter suivant deux procédés qui ne sont jamais entièrement suivis à la lettre par le tireur, mais que, cependant, nous supposerons exécutés ainsi pour faciliter l'exposition et le calcul des corrections.

Dans le premier procédé, le tireur, appréciant le point où va passer le but, dirige la ligne de mire sur ce point, l'y *maintient immobile* et fait partir le coup au moment où il voit le but sur le prolongement de la ligne de mire.

Dans le second procédé, le chasseur dirige, dès le début, sa ligne de mire sur le but en mouvement, il imprime aussitôt à son fusil un déplacement angulaire, de façon à suivre le but en mouvement et il fait partir le coup tout en continuant à suivre la pièce (1).

Nous allons chercher quel est l'écart qui doit exister entre le

(1) Dans la pratique, on n'applique pas rigoureusement l'un ou l'autre de ces deux procédés de tir, mais bien partie de l'un et de l'autre. Pour tirer sur un gibier en mouvement, le tireur lance son fusil à l'épaule en le dirigeant à peu près dans la direction du but. Aussitôt que le tireur a pris la ligne de mire, il cherche à imprimer au fusil un mouvement angulaire de nature à amener le prolongement de la ligne de mire sur le point à viser, et il fait feu dès que ce résultat lui paraît à peu près atteint. A ce moment, il est rare que le fusil ait un

Digitized by Google

centre de la gerbe et le point visé en employant chacun de ces deux procédés de tir.

Supposons le coup pointé exactement au moment où le tireur se décide à faire feu sur un but dont la vitesse est W, et soit θ le temps qui s'écoule entre ce moment et celui où la charge de plomb arrive à hauteur du but. La distance entre le centre de la gerbe et le point visé sera égale à $W\theta$.

Voyons de quoi se compose le temps θ, d'abord dans le cas du premier procédé de tir.

1° Le tireur commande à son doigt d'agir sur la détente quand son œil voit le coup bien dirigé. Or le doigt n'obéit pas instantanément à la volonté du tireur; le doigt n'exécute ce qui lui est commandé qu'avec un retard qui est de $0^s,1$ à $0^s,3$. Ce retard est moindre pour des tireurs exercés que pour des tireurs novices; mais il ne saurait descendre au-dessous de $0^s,1$, notre constitution humaine ne le permet pas.

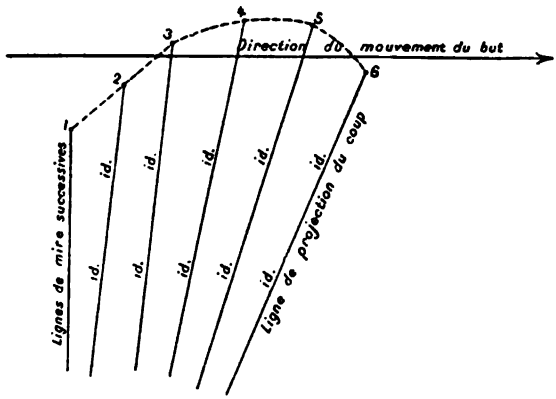
2° La détente doit parcourir plusieurs millimètres à une assez faible vitesse avant de déclencher la gachette.

3° Le chien met $0^s,01$ à $0^s,1$ à s'abattre, suivant la force du ressort et le moment d'inertie du chien.

---

mouvement angulaire dont la direction et la vitesse soient les mêmes que celles du but. Les tireurs très exercés constatent également qu'au moment où le coup

Fig. 73.



part il est bien rare que la ligne de mire soit dirigée exactement sur le point voulu.

Digitized by Google

4° Il s'écoule de $\frac{3}{1000}$ à $\frac{6}{1000}$ de seconde entre le moment où l'amorce est frappée et celui où la charge sort du canon.

L'ensemble de ces temps est rarement inférieur à $0^s,2$, et il faut y ajouter la durée de trajet du plomb de la bouche du canon jusqu'au but.

L'écart entre le centre de la gerbe et le point sur lequel était dirigée la ligne de mire au moment où le tireur a jugé à propos de faire feu sera donc généralement égal, en appelant t la durée du trajet du plomb, à $W(t+0,2)$.

Le tableau ci-après donne cet écart pour un but animé d'une vitesse latérale de 15^m, vitesse qui est à peu près celle du lièvre ou de la perdrix qui se sauvent.

Tableau A. — *Écart entre le centre de la gerbe et le point visé lorsqu'on tire sans suivre l'image d'un but qui est animé d'une vitesse latérale de* 15^m.

PORTÉES.	ÉCARTS POUR LE TIR avec du plomb		RAYON DE LA GERBE contenant 98 pour 100 des plombs (canons cylindriques).	
	n° 2.	n° 11.	Plomb n° 2.	Plomb n° 11.
m	m	m	m	m
10	3,45	3,50	0,23	0,24
20	3,97	4,12	0,50	0,6
30	4,55	4,90	0,81	1,1
40	5,19	5,88	1,12	1,9
50	5,92	7,05	1,5	2,7
60	6,78	8,44	2,0	3,8
80	8,85	12,10	3,2	6,0
100	11,60	17,6		

Le premier procédé de tir conduit donc à faire aux distances moyennes de tir des corrections de pointage d'environ 5^m. En faisant feu au moment où le centre du but passe dans le prolongement de la ligne de mire, on est certain de manquer ce but, même avec un fusil qui disperse beaucoup.

En appliquant bien le deuxième procédé de tir que nous avons indiqué, il n'y a pas à se préoccuper des *temps perdus,* dus aux retards physiologiques et de départ de la cartouche, puisque la

Digitized by Google

ligne de mire suit le point à viser pendant tout cet intervalle de temps.

Dans ce cas, le plomb sort dans la directionde la ligne de mire (1) qui, à ce moment, est dirigée sur le point visé. L'écart entre le centre de la gerbe et le point visé sera sensiblement égal, dans ce cas, à Wt. Le tableau ci-après donne la valeur de cet écart.

Le tir devant être généralement sans résultat toutes les fois où cet écart est supérieur au rayon de la gerbe contenant 75 pour 100 des plombs, nous avons également indiqué, dans le tableau ci-dessous, le minimum de la correction de pointage à effectuer pour que le tir puisse avoir de l'efficacité.

Tableau B. — *Écart* E *entre le centre de la gerbe et le point visé lorsqu'on tire en suivant exactement l'image du but qui est animé d'une vitesse latérale de* 15^{m}.

PORTÉES.	ÉCARTS E pour les plombs		RAYON R DE LA GERBE contenant 75 pour 100 des plombs, canons choke-bored.		MINIMUM de la correction à effectuer pour avoir de l'efficacité dans le tir E − R.	
	n° 2.	n° 11.	Plomb n° 2.	Plomb n° 11.	Plomb n° 2.	Plomb n° 11.
m	m	m	m	m	m	m
10	0,45	0,50	0,08	0,10	0,37	0,40
20	0,97	1,12	0,20	0,27	0,77	0,85
30	1,55	1,90	0,33	0,55	1,2	1,4
40	2,19	2,88	0,50	1,0	1,7	1,9
50	2,92	4,05	0,70	1,5	2,2	2,5
60	3,78	5,44	0,97	2,1	2,8	3,3
80	5,85	9,10	1,70	3,3	4,1	5,8
100	8,60	14,6				

Aux distances moyennes de tir et sur le but que nous avons con-

(1) Nous négligeons à dessein la petite déviation du plomb résultant de ce que le canon qui suit l'image du but est, au moment de la sortie du plomb, animé d'une vitesse latérale sensible qui se communique au plomb et se compose avec la vitesse initiale, mesurée suivant l'axe du canon. Si l'on tient compte de cette déviation, l'écart entre le point visé et le centre de la gerbe sera égal à $W\left(t - \frac{1}{V_0}\right)$. Le terme $\frac{1}{V_0}$ étant très petit, il est peu utile de tenir compte de ce terme dans le calcul des corrections à effectuer.

Digitized by Google

sidéré, la correction de pointage doit donc être d'environ $1^m,5$, et toute pièce, dans les conditions de mouvement énoncées, bien visée en plein corps, sera manquée.

Les corrections de pointage pour tenir compte de la vitesse du but sont d'autant plus difficiles à exécuter que celui-ci est plus rapproché du tireur, car la vitesse angulaire à donner au fusil pour suivre des buts animés d'une même vitesse est d'autant plus grande et est d'autant plus difficile à bien régler que les buts sont plus rapprochés.

IV. — Correction de pointage pour tenir compte de l'éloignement du but.

Un fusil de chasse doit avoir son tir exactement réglé à la portée de 40^m environ. Aux distances moindres, le coup portera un peu au-dessus du centre du but; aux distances plus fortes et jusqu'à la limite de portée efficace, le but restera compris dans la gerbe, quoique le centre de celle-ci porte un peu au-dessous du centre du but.

Lorsque le réglage est bien fait, le fusil porte environ 2 à 3^{cm} au-dessus du point visé à la distance de 10^m.

PORTÉES.	ABAISSEMENT du centre de la gerbe au-dessous de la ligne de projection.		COTES aux diverses distances du centre de la gerbe d'un fusil réglé à la distance de 40^m.	
	Plomb n° 2.	Plomb n° 11.	Plomb n° 2.	Plomb n° 11.
m	m	m	m	m
0	0,000	0,000	0,00	0,00
10	0,004	0,005	sup^r 0,02	sup^r 0,05
20	0,019	0,024	0,02	0,05
30	0,043	0,065	0,02	0,05
40	0,086	0,15	0,00	0,00
50	0,15	0,29	inf^r 0,04	inf^r 0,10
60	0,25	0,51	0,12	0,28
70	0,39	0,87	0,24	0,61
80	0,60	1,43	0,43	1,13
90	0,88		0,69	
100	1,30		1,10	

En résumé, avec un fusil qui porte 2 à 3^{cm} au-dessus du point

Digitized by Google

visé, à la distance de 10^{m}, il n'y a pas de correction de pointage à faire pour tenir compte de l'éloignement du but dans les limites de portée où le fusil de chasse a quelque chance de tuer.

Une canardière de gros calibre, destinée à tirer de fortes charges de gros plomb, doit être réglée pour la portée de 60^{m} environ.

Les cotes du centre de la gerbe aux différentes distances seront :

PORTÉE.	PLOMB N° 2. Cote du centre de la gerbe.
10	Supérieur 0,04
20	» 0,06
40	» 0,08
60	» 0,00
80	Inférieur 0,23
100	» 0,88

V. — Correction de pointage pour tenir compte de l'effet du vent.

Nous avons déterminé l'effet du vent sur le plomb de chasse en tirant par un vent de travers dans deux directions opposées, avec un même fusil et une même espèce de cartouche.

Déviation due au vent. — Plomb n° 2.

PORTÉE.	VENT MOYEN. Vitesse 4^{m}.	VENT FORT Vitesse 10^{m}.	RAYON de la gerbe utile (75 pour 100) d'un coup de plomb n° 2 dans un fusil choke-bored.
	Déviation.		
m	m	m	m
20	0,04	0,1	0,19
30	0,12	0,3	0,33
40	0,24	0,6	0,50
50	0,40	1,0	0,70
60	0,68	1,7	0,97
70	1,00	2,5	1,30
80	1,32	2,3	1,72

La correction de pointage, pour tenir compte du vent, n'a d'im-

Digitized by Google

portance qu'en direction. Elle n'est utile que pour des vents dont la vitesse est supérieure à 5^{m}. La déviation produite par un fort vent de côté est supérieure au rayon de la gerbe efficace au delà de la portée de 35^{m}. Au delà de cette distance, on manquera donc à peu près sûrement toute pièce de grosseur moyenne immobile, pointée directement et située de telle sorte que le vent soit perpendiculaire à la ligne de tir.

VI. — Préjugés relatifs à l'influence de l'eau et des ravins sur les portées.

Il existe, parmi les chasseurs, un préjugé assez répandu qui consiste à croire que la portée est moindre quand on tire au-dessus de l'eau ou au-dessus de ravins profonds que lorsqu'on tire en plaine. Ils attribuent cette action à une attraction produite par le *vide*.

Le préjugé de l'attraction par l'eau et par le *vide,* qui ne repose sur aucune observation sérieuse, doit être attribué surtout à une idée préconçue de gens entièrement dénués d'instruction scientifique sur la nature du *vide* et peut être attribué également à ce que, au-dessus de l'eau et des ravins, on apprécie les distances encore plus mal que sur un terrain ferme et peu accidenté.

En raison de ces erreurs d'appréciations, au-dessus de l'eau ou des ravins, on tire souvent hors de portée. De plus, dans le tir au-dessus de l'eau, le tireur voit facilement où porte son coup : il constate alors le défaut de réglage inhérent à presque tous les fusils de chasse, qui est de porter trop bas. Il attribue ce défaut, qu'il ne constate que dans cette circonstance, à une attraction produite par l'eau.

L'attraction de la terre est, en réalité, la même pour tous les points situés à la même altitude. Elle est à très peu près la même dans l'intérieur d'une mine ou dans un ballon perdu dans les nuages (¹).

Dans les montagnes élevées, qu'on soit ou non au-dessus des ravins, on constate, dans le tir à balles, un accroissement de portée très sensible, dû à la raréfaction de l'air et qui dépend de l'alti-

(¹) La différence d'attraction résultant de la différence d'altitude est toujours négligeable dans la pratique. Cette différence est de $\frac{2}{10000}$ pour 2 points situés à une différence de niveau de 1000^{m}.

Digitized by Google

tude à laquelle on se trouve. Il n'y a pas lieu de tenir compte de cet accroissement dans les tirs à plomb.

Nous ajouterons, à ce que nous venons de dire, que nous avons fait des tirs à balles au-dessus de la mer, que les marins de toutes les nations en font journellement de semblables; que nous avons fait des tirs dans les Alpes au-dessus de ravins profonds de plusieurs centaines de mètres; que les bataillons alpins en font fréquemment de semblables; que nous avons souvent chassé dans de hautes montagnes très accidentées; et que ni nous, ni les marins, ni les bataillons alpins n'avons jamais constaté la moindre diminution de portée produite soit par l'eau, soit par le *vide* ou le creux des ravins.

CHAPITRE III.

ÉCARTS PERSONNELS DES TIREURS.

Les écarts personnels des tireurs peuvent varier dans des limites considérables suivant leur adresse et surtout suivant leur état nerveux.

Devant un fauve dangereux, devant une pièce inoffensive qui part inopinément, devant le danger ou dans la surprise, les nerfs se surexcitent, le tireur devient agité, et tout tireur expérimenté sait quels écarts énormes on peut commettre dans ce cas.

Que de cavaliers ont passé à quelques mètres de fantassins, exercés et bons tireurs en temps de paix, ont été visés, tirés et manqués! On n'a cependant pas souvent un gibier offrant une pareille surface.

Que de gens tirent des coups de revolver presque à bout portant et manquent leur homme!

Il est impossible de fixer la limite maximum des écarts d'un tireur agité; mais on connaît la limite minimum des écarts d'un tireur parfaitement calme tirant, soit posément, soit rapidement, sur des buts fixes ou des buts mobiles dont l'apparition ne cause aucune surprise.

Digitized by Google

Il n'a pas été fait d'expériences spéciales avec des fusils de chasse, mais il en a été fait d'innombrables avec des fusils de guerre de tous modèles. Ces expériences renseignent suffisamment sur les écarts que l'on fait dans le tir de chasse quand on tire sans trop se presser sur une pièce qui part bien et dont le départ est attendu.

En tirant sans émotion avec des fusils de guerre, en visant sommairement (1) et en lançant le coup de fusil comme on le fait à la chasse, on observe des écarts probables de $0^m,3$ à $0^m,7$ à la portée de 100^m. Ces écarts sont proportionnels à la distance; ils sont donc de 3^{cm} à 7^{cm} par décamètre de portée. Les tireurs qui ont seulement 3^{cm} d'écart par décamètre peuvent être considérés comme exceptionnellement adroits.

On peut déterminer les écarts personnels des tireurs à la chasse par une autre méthode que nous allons exposer.

Nous verrons dans le chapitre suivant qu'à condition d'employer du plomb de grosseur appropriée on peut tuer à peu près sûrement une pièce de petit gibier jusqu'à la distance de 30^m, lorsque le fusil est correctement pointé. Le même résultat pourra encore être obtenu dans presque tous les cas avec un coup de fusil moins bien pointé, mais tel que la pièce se trouve comprise à l'intérieur de la zone qui contient 75 pour 100 des grains des plombs tirés.

Toute pièce manquée à moins de 30^m l'est donc à peu près sûrement par suite d'une erreur de pointage supérieure au rayon de la gerbe qui contient 75 pour 100 des plombs.

Cette zone a, pour les plombs de grosseur moyenne, un diamètre de 1^m à la distance de 30^m; on peut donc atteindre à peu près sûrement à 30^m toute pièce pointée avec un écart inférieur à $0^m,50$, ce qui correspond à une erreur angulaire de pointage égale à 1° ou encore à un écart égal au $\frac{17}{1000}$ de la portée.

Pour fixer les idées et faciliter nos comparaisons, nous raisonnerons seulement sur deux catégories de tireurs bien définies :

L'une formée de chasseurs qui, à 30^m, manquent les pièces qui partent bien, en moyenne une fois sur deux : cette catégorie représente le tireur moyennement adroit.

(1) A raison de $1^s,8$ environ pour lever le fusil, viser et tirer.

Digitized by Google

L'autre formée de chasseurs qui, à 30^{m}, manquent rarement les pièces qui partent bien : cette catégorie représente le tireur exceptionnellement adroit.

Par la définition même de leurs résultats et de ce que nous avons dit plus haut, les tireurs de la première catégorie ont, dans le tir de chasse, la moitié de leurs écarts personnels compris dans un cercle dont le rayon est égal aux $\frac{17}{1000}$ de la portée, soit 17^{cm} par décamètre de portée. L'écart probable vertical ou horizontal imputable à cette catégorie de tireurs est donc de 9^{cm},7 par décamètre.

Les tireurs de la deuxième catégorie ont également, par la définition même de leurs résultats, des écarts personnels extrêmes qui ne dépassent qu'exceptionnellement 17^{cm} par décamètre de portée. Leur écart probable, vertical ou horizontal, est donc égal à 3^{cm},2 par décamètre.

Nous retombons ainsi à peu près sur les chiffres d'écart que nous avions fixés précédemment, par une autre méthode, comme correspondant aux tireurs moyennement et exceptionnellement adroits (1).

Il n'y a pas de meilleur exercice pour un chasseur, qui veut arriver à bien tirer à plombs, que de s'exercer à tirer à balles, soit sur but fixe en lançant le coup comme on le fait à la chasse, soit sur but mobile ou à éclipses. Pour que ces tirs soient profitables à l'instruction du tireur, il faut que le but soit de dimensions suffisantes pour être à peu près sûrement atteint à tous les coups. Si la dimension du but ne peut être modifiée, le tireur doit se placer

(1) Si, au lieu de tirer sur du gibier, les catégories de chasseurs en question tiraient à balles, avec des armes très précises, sur un homme debout à 100^{m}, et avec les mêmes écarts qu'*ils* ont à la chasse, les tireurs de la première catégorie n'atteindraient cet homme en moyenne qu'une fois sur 53, ceux de la deuxième catégorie 1 fois sur 4.

Si, au lieu de tirer sur un homme isolé, les chasseurs tiraient, avec les mêmes écarts, sur une ligne indéfinie d'hommes à genou, coude à coude, à 200^{m}, les tireurs de la première catégorie toucheraient 1 fois sur 25, et les tireurs de la deuxième catégorie 1 fois sur 5.

Nous ajouterons simplement que, quand on tire effectivement sur des hommes, si le but est moins mobile, par contre, l'émotion est plus grande que quand on fusille du gibier inoffensif. Dans un cas comme dans l'autre, les écarts imputables au tireur sont toujours considérables. Le contraire est humainement impossible.

Digitized by Google

à une distance de ce but en rapport avec son adresse. En général, ces tirs ne doivent pas être faits au delà d'une trentaine de mètres.

Les fusils qui tirent de petites cartouches du genre Flobert ou des cartouches de tir réduit sont bons pour le début d'une instruction, mais sont loin de procurer un exercice aussi profitable que celui qui consiste à tirer de véritables cartouches de chasse ou de guerre, produisant un grand bruit et un recul notable.

Combien de chasseurs, qui se croient bons tireurs, seraient étonnés de la grandeur de leurs écarts s'ils pratiquaient des tirs de ce genre! Ils constateraient presque tous que, dans le tir avec temps de visée très limité ou encore sur but mobile, ils ont des écarts systématiques considérables; autrement dit, que leurs coups sont en moyenne pointés sur un point généralement distant du centre du but à atteindre d'une quantité très notable tant en hauteur qu'en direction.

Digitized by Google

DIXIÈME PARTIE.

PUISSANCE DES FUSILS DE CHASSE.

CHAPITRE PREMIER.

NOMBRE DE GRAINS DE PLOMB QUI FRAPPERONT UNE PIÈCE DE GIBIER DANS UN TIR COMPLÈTEMENT RÉGLÉ.

Nous avons admis que la surface de la silhouette offerte aux coups est :

Pour une caille.....	$4{,}3^{em} \times 7 =$	30^{emq}
Pour une perdrix.....	$12{,}1 \times 7 =$	80
Pour un lièvre	$35 \times 12 =$	420

Partant de ces données et de la valeur de la dispersion des différents numéros de plomb donnée précédemment, nous avons calculé le nombre de grains de plomb qui atteindront le but dans un tir *parfaitement réglé,* autrement dit dans un tir dont le centre de la gerbe correspond au centre du but (*fig.* 74 à 79). Nous avons supposé le poids du plomb de 30^{gr}. Si l'on avait en vue une charge d'un autre poids P, le nombre de grains qui toucheraient la pièce à une distance donnée serait égal à celui du graphique ci-contre multiplié par $\frac{P}{30}$.

Digitized by Google

Fig. 74 à 79.

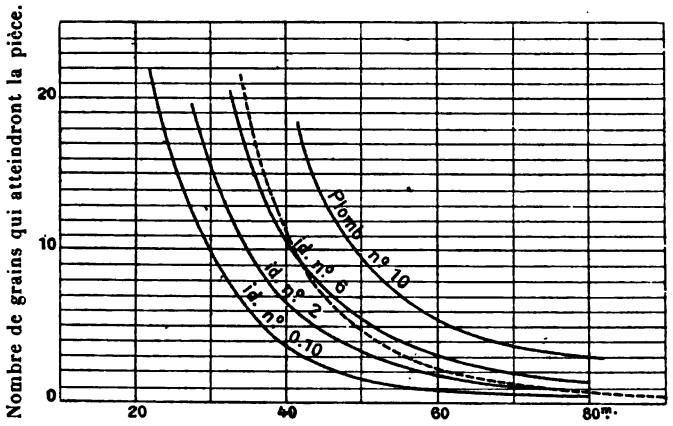
Nombre de grains de plomb d'une charge de 30^{gr} *qui atteindront une pièce de gibier aux différentes distances.*

La ligne pointillée indique la limite de portée à laquelle chaque numéro de plomb cesse de faire des blessures sérieuses.

Lièvre.

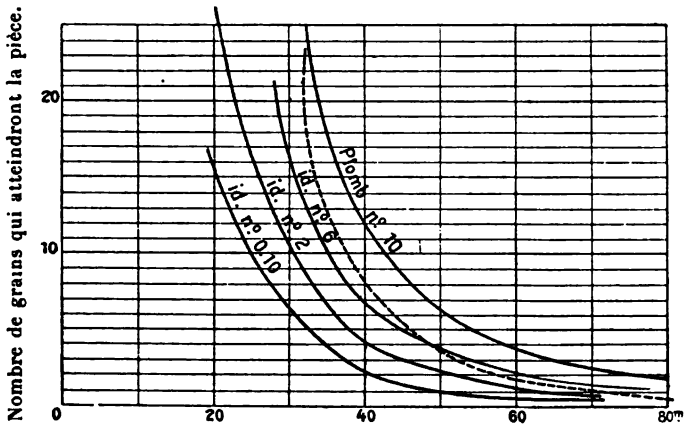
Surface 420^{cq}.

Canon choke-bored.



Échelle des portées.

Canon cylindrique.



Échelle des portées

Digitized by Google

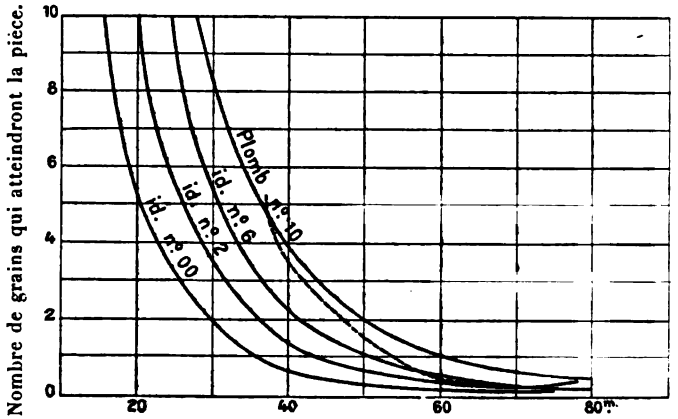
Nombre de grains de plomb d'une charge de 30^{gr} *qui atteindront une pièce de gibier aux différentes distances.*

La ligne pointillée indique la limite de portée à laquelle chaque numéro de plomb cesse de faire des blessures sérieuses.

Perdrix.

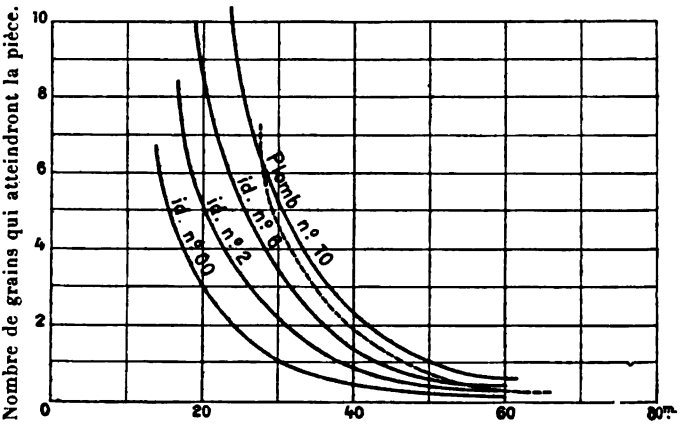
Surface 80^{eq}.

Canon choke-bored.



Échelle des portées.

Canon cylindrique.



Échelle des portées.

Digitized by Google

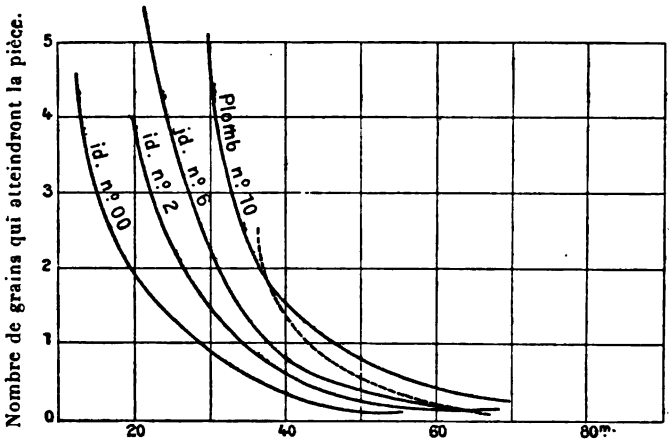
Nombre de grains de plomb d'une charge de 30gr qui atteindront une pièce de gibier aux différentes distances.

La ligne pointillée indique la limite de portée à laquelle chaque numéro de plomb cesse de faire des blessures sérieuses.

Caille.

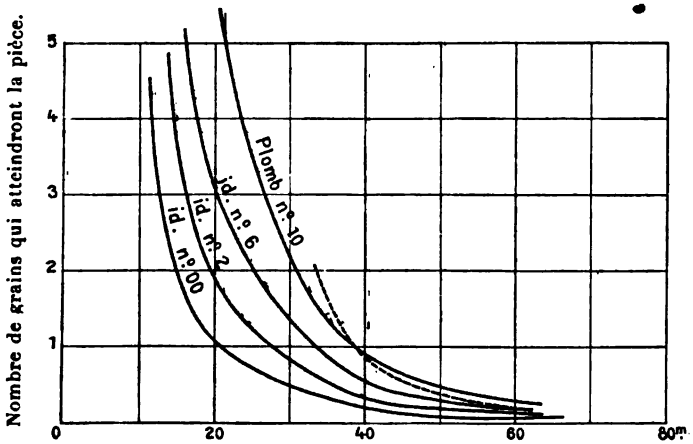
Surface 30eq.

Canon choke-bored.



Échelle des portées.

Canon cyliadrique.



Échelle des portées.

Digitized by Google

On peut admettre qu'on ne rapportera généralement pas une pièce de gibier qui n'aura reçu qu'un plomb de grosseur appropriée et qu'on a beaucoup de chances d'avoir une pièce qui aura reçu 2 plombs pesant le $\frac{1}{3000}$ du poids de la bête, animés d'une bonne vitesse. Partant de cette donnée et du graphique des vitesses restantes, nous avons dressé le tableau ci-dessous dans lequel pour chaque but et chaque numéro de plomb les chiffres de gauche représentent la distance en dessous de laquelle on est à peu près sûr de pouvoir frapper avec au moins 2 plombs animés d'une vitesse suffisante.

Dans ce même tableau, les chiffres de droite représentent la distance au delà de laquelle on ne fera plus de blessures sérieuses parce que le plomb a trop peu de vitesse.

Distances limites au delà desquelles on peut tuer à peu près sûrement en tir réglé et distances au delà desquelles on a fort peu de chances de produire le même résultat.

NUMÉRO DU PLOMB animé de 360m de vitesse initiale.	LIÈVRE.				PERDRIX.				CAILLE.			
	CANON				CANON				CANON			
	choke-bored.		cylindrique.		choke-bored.		cylindrique.		choke-bored.		cylindrique.	
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
00	45	»	40	»	30	»	25	»	20	»	15	»
2	60	»	50	»	35	»	30	»	25	»	20	»
6	»	60	»	55	40	»	35	»	30	»	25	»
10	»	35	»	35	»	40	»	40	35	»	30	»

En résumé, les plombs les plus avantageux pour tirer aux grandes distances sont :

Les n° 2 à 6 pour le lièvre;
» 6 à 8 pour la perdrix;
» 8 à 10 pour la caille.

Digitized by Google

CHAPITRE II.

DÉTERMINATION DU CALIBRE ET DU POIDS DU FUSIL, DU POIDS ET DE LA VITESSE INITIALE DES PLOMBS QUI SONT LES PLUS CONVENABLES POUR LA CHASSE DU PETIT GIBIER.

I. — Éléments dont dépend la puissance du fusil de chasse.

La puissance du tir des fusils de chasse tirant à plomb dépend d'éléments complexes dont nous allons, dans ce qui suit, exposer les relations mutuelles.

La puissance meurtrière d'une charge de plomb de chasse à une portée déterminée dépend de la force vive totale des grains qui atteignent la pièce de gibier. Elle dépend donc du nombre de grains qui atteignent le but et de leur vitesse restante au moment du choc.

Lorsqu'à une même portée on tire, en visant bien sur un but d'assez petites dimensions, des cartouches contenant un nombre différent de grains de plomb de même grosseur, le nombre de grains qui atteignent le but est proportionnel au nombre total des grains contenus dans la charge, puisque la dispersion est dans un même fusil indépendante du poids de la charge de plomb. Il y a donc intérêt, au point de vue de la multiplicité des atteintes, à lancer le nombre le plus considérable possible de grains de plomb.

D'autre part, les grains de plomb subissent dans l'air des pertes de vitesse d'autant plus considérables que leur poids individuel est moindre. La vitesse restante et la force vive de chaque grain au moment du choc est donc d'autant plus grande à portée égale que son diamètre et son poids sont plus considérables. A poids de charge de plomb égale, cette deuxième condition force à limiter le nombre des grains de la charge de façon à obtenir une portée meurtrière suffisante.

La recherche de l'effet meurtrier conduit donc à tirer dans les fusils de chasse une charge de plomb aussi lourde que possible, cette charge étant composée de grains assez lourds pour avoir encore une forte vitesse en arrivant sur le but.

D'un autre côté, le poids de la charge de plomb, la vitesse ini-

Digitized by Google

tiale et le poids du fusil doivent être combinés de telle sorte que le recul qui en résulte ne dépasse pas une certaine limite. Nous avons vu précédemment que ces trois éléments sont dans une dépendance intime.

Nous allons rechercher quelles sont les combinaisons les plus avantageuses de ces éléments.

II. — Poids du fusil.

L'expérience a fait connaître aux intéressés que le poids du fusil de chasse bien établi et destiné à battre la campagne ne doit pas dépasser $3^{kg},200$ environ. Des fusils plus lourds et dont le poids atteint 4^{kg}, par exemple, peuvent servir pour la chasse à l'affût, mais en marche ils ne peuvent plus être portés de longues heures dans les deux mains dans la position qu'il convient de prendre pour être prêt le plus vite possible à faire feu. Le chasseur qui a un fusil trop lourd pour sa force finit par le porter sur l'épaule ou à la bretelle, et trouve le gibier hors de portée lorsqu'il est prêt à tirer.

Un fusil trop lourd ne permet pas non plus de viser et de suivre le gibier dans sa fuite avec autant de facilité qu'un fusil de poids modéré.

Une pièce d'artillerie chargée de grenaille de plomb représenterait une puissance *latente* supérieure à celle des fusils; mais, si l'on voulait chasser avec un pareil engin, on ne se trouvérait jamais pointé avant que le gibier soit hors de portée. La pièce d'artillerie représenterait donc dans ce cas une puissance *effective* très inférieure à celle du moindre fusil.

Nous adopterons $3^{kg},200$ comme poids du fusil que nous prendrons pour type de l'arme puissante et bien établie. Ce poids est celui qui convient au chasseur de bonne force moyenne.

III. — Recul.

Nous avons déjà dit précédemment (1) qu'un chasseur ordinaire n'aime pas à avoir un recul dont la force vive est supérieure à 4^{km}, et qu'un chasseur passionné et solide supporte, mais ne dépasse pas, un recul de 5^{km}.

(1) IV^e Partie.

Digitized by Google

Au moyen du tableau des valeurs de $\frac{P}{\varpi}$, nous avons calculé les diverses combinaisons de poids du plomb et de vitesse initiale que l'on peut raisonnablement imaginer de façon à obtenir, dans un fusil d'un calibre quelconque, un recul dont la force vive soit égale soit à 4^{km}, soit à 5^{km} (1).

Valeurs combinées de la vitesse initiale et du poids de la charge de plomb produisant un recul de 4^{km} ou de 5^{km} dans un fusil du poids de $3^{kg},200$ tirant de la poudre noire.

VITESSE INITIALE.	FORCE VIVE DU RECUL.	
	4^{km}	5^{km}
	Poids du plomb.	
m	gr	gr
250	54,25	62,00
300	42,75	47,90
350	34,35	38,70
400	28,35	31,95
450	23,60	26,70
500	19,60	22,30

(1) Lorsque le poids P du fusil et la force vive du recul $\frac{Pv^2}{2g}$ sont donnés, on peut calculer la vitesse v du recul. On trouve ainsi :

$$\text{Pour } \frac{Pv^2}{2g} = 4^{km} \text{ et } P = 3^{kg},200 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad v = 4^{m},950$$

$$\text{Pour } \frac{Pv^2}{2g} = 5^{km} \text{ et } P = 3^{kg},200 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad v = 5^{m},530$$

D'un autre côté, la formule du recul $Pv = (p_1 + 1,5\varpi)V_0$ peut se mettre sous la forme

$$Pv = p_1\left(1 + \frac{1,5}{\frac{p}{\varpi}}\right)V_0;$$

d'où l'on tire

$$p_1 = \frac{Pv}{\left(1 + \frac{1,5}{\frac{p}{\varpi}}\right)V_0}.$$

Les valeurs de $\frac{p}{\varpi}$ correspondant aux diverses valeurs de V_0 sont données dans les graphiques nos 8 et 9.

Dans le calcul du tableau ci-après, on a admis que le poids des bourres était uniformément de $2^{gr},5$, et l'on a supposé l'emploi de la poudre noire.

Digitized by Google

IV. — Détermination de la vitesse la plus avantageuse.

L'effet meurtrier d'une charge de plomb est, avons-nous dit, proportionnel à la force vive de la fraction de la charge qui atteint le but. La combinaison la plus avantageuse de vitesse et de poids de plomb sera celle qui fournira la force vive totale la plus forte sur le but à atteindre.

En vue de déterminer quelle est cette combinaison la plus avantageuse, nous avons dressé un tableau indiquant quelle est la force vive totale de la portion de ces charges qui atteint un carré de $0^{m},10$ de côté aux portées de 20, 30, 40, 50 et 60^{m}, en supposant que les charges sont successivement composées de plombs n^{os} **2, 6 et 10.**

Les tableaux ci-après reproduisent les éléments qui ont servi à cette détermination et la série des valeurs cherchées.

Fraction de la charge qui atteindra un carré de 10^{cm} *de côté* (1).

PORTÉES.	20^{m}.	30^{m}.	40^{m}.	50^{m}.	60^{m}.
Plomb n° 2	0,1114	0,0388	0,01790	0,00919	0,004770
» 6	0,0800	0,0279	0,01191	0,00562	0,002895
» 10	0,0580	0,01482	0,00500	0,001945	0,000835

(1) Pour calculer ce tableau, on s'est servi de la valeur des écarts probables donnés page 74, pour les canons choke-bored.

Digitized by Google

Valeurs des vitesses restantes des plombs nos 2, 6 et 10 correspondant à diverses portées et diverses valeurs de la vitesse initiale.

VITESSE initiale.	PORTÉES.					PORTÉES.					PORTÉES.				
	20m.	30m.	40m.	50m.	60m.	20m.	30m.	40m.	50m.	60m.	20m.	30m.	40m.	50m.	60m.
	Vitesse restante du plomb n° 2 (1).					Vitesse restante du plomb n° 6 (2).					Vitesse restante du plomb n° 10 (3).				
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
250	194	171	150	132	114	181	153	128	106	89	141	111	89	76	67
300	232	204	180	158	139	216	184	155	130	108	17	130	102	83	72
350	263	232	205	180	158	243	207	176	148	125	194	146	114	91	77
400	289	254	224	198	174	266	226	193	163	137	210	159	122	96	80
450	313	273	241	212	187	286	243	207	175	148	225	170	129	101	83
500	335	289	254	223	198	305	257	219	186	157	237	179	136	106	86

(1) Poids du grain 0gr,350
(2) » 0gr,162.
(3) » 0gr,648.

Digitized by Google

Force vive totale des plombs qui atteignent un carré de 10cm de côté.

FORCE VIVE du recul.	VITESSE initiale des plombs.	POIDS de la charge de plombs.	PLOMB N° 2. Portées. 20m.	30m.	40m.	50m.	60m.	PLOMB N° 6. Portées. 20m.	30m.	40m.	50m.	60m.	PLOMB N° 10. Portées. 20m.	30m.	40m.	50m.
			Force vive des plombs.													
	m	gr	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km	km
	250	54,25	11, 3	3,13	1,11	0,442	0,172	7,25	1,81	0,540	0,173	0,0634	3,32	0,505	0,1093	0,0310
	300	42,75	13, 1	3,52	1,26	0,500	0,200	8,14	2,06	0,625	0,207	0,0739	3,70	0,546	0,1123	0,0292
4km	350	34,35	13, 5	3,66	1,36	0,521	0,210	8,28	2,095	0,649	0,215	0,0792	3,83	0,553	0,1137	0,0282
	400	28,35	13,45	3,59	1,30	0,521	0,209	8,20	2,060	0,642	0,215	0,0784	3,70	0,540	0,1073	0,0258
	450	23,60	13, 1	3,48	1,25	0,496	0,201	7,87	1,985	0,615	0,207	0,0764	3,54	0,516	0,0987	0,0236
	500	19,65	12, 5	3,25	1,15	0,457	0,188	7,46	1,795	0,574	0,195	0,0713	3,26	0,476	0,0926	0,0220
	250	62,00	12,92	3,57	1,28	0,505	0,196	8,22	2,07	0,616	0,1985	0,0724	3,80	0,577	0,125	0,0357
	300	47,90	14,63	3,93	1,42	0,560	0,225	9,10	2,30	0,698	0,2315	0,0827	4,13	0,610	0,127	0,0326
5km	350	38,70	15,18	4,11	1,48	0,586	0,235	9,35	2,36	0,728	0,2420	0,0891	4,30	0,621	0,128	0,0317
	400	31,95	15,15	4,08	1,46	0,586	0,235	9,21	2,32	0,721	0,2425	0,0885	4,16	0,610	0,121	0,0292
	450	26,70	14,85	3,93	1,42	0,561	0,226	8,90	2,24	0,694	0,2340	0,0863	3,99	0,583	0,112	0,0270
	500	22,30	14,17	3,68	1,31	0,519	0,212	8,46	2,10	0,650	0,2210	0,0809	3,70	0,539	0,105	0,0248

Digitized by Google

L'examen du tableau qui précède fait voir :

1° Que la vitesse initiale qui, pour un recul déterminé, fournit la plus grande somme de force vive sur un but déterminé de dimensions moindres que la gerbe et qui fournit, en somme, le meilleur rendement, est d'environ 360^{m};

2° Que cette vitesse peut varier d'une trentaine de mètres en plus ou en moins, sans que le rendement varie notablement;

3° Que la vitesse la plus avantageuse est un peu plus forte pour les gros plombs que pour les petits.

Au moyen des procédés de calcul que nous avons déjà indiqués, on en déduit que, pour la vitesse initiale de 360^{m} et un recul de 4^{km} dans un fusil de $3^{kg},200$, la charge de plomb doit être $33^{gr},05$. Avec la même vitesse initiale et un recul de 5^{km} dans un fusil du même poids, la charge de plomb doit être de $37^{gr},25$.

V. — Détermination du calibre le plus convenable.

Nous avons dit précédemment que la charge de plomb qui convient le mieux à chaque calibre pèse un poids égal à celui de la balle sphérique en plomb du calibre de l'arme.

Si l'on consulte le tableau de la page 240 (t. III), on voit que le calibre qui convient le mieux à une charge de plomb de $33^{gr},05$ est le calibre 14. Celui qui convient le mieux à une charge de plomb de $37^{gr},25$ est le calibre 12.

Le calibre 14 n'existant plus, pour ainsi dire, dans le commerce, nous conclurons de ce qui précède que le chasseur qui craint les forts reculs doit chasser avec un fusil calibre 16.

Le chasseur solide, qui ne craint pas un recul un peu fort et qui désire avant tout tuer du gibier, prendra un fusil calibre 12, du poids de $3^{kg},200$ environ, dans lequel il lancera une charge de 35 à 40^{gr}, à des vitesses comprises entre 390 et 330^{m}.

Les calibres supérieurs au 12 doivent être réservés pour le tir à l'affût ou au posé.

Digitized by Google

CHAPITRE III.

PERFECTIONNEMENTS POSSIBLES DES ARMES DE CHASSE.

Le gibier devient, par sélection, de plus en plus sauvage. Ceux qui sont trop confiants finissent par disparaître sous les coups des chasseurs; il ne reste donc que la race des méfiants.

La sauvagerie croissante du gibier, tout au moins de certains gibiers, conduit les chasseurs à rechercher, pour certains genres de chasse, un fusil qui porte plus loin que la moyenne des fusils et qui leur permette ainsi d'atteindre le gibier dans la zone où celui-ci se croit encore dans une sécurité relative.

Dans ce qui suit, nous allons examiner quels sont les moyens de réaliser le tir efficace à longue portée.

En premier lieu, nous nous occuperons de l'utilisation des armes existantes tirant le plomb en paquet, comme on tire la mitraille dans les pièces d'artillerie.

En second lieu, nous donnerons quelques aperçus sur la possibilité de réaliser un fusil à tir successif.

En troisième lieu, nous examinerons l'idée de tirer des obus dans les fusils de chasse.

I. — Perfectionnements possibles des fusils actuels.

Nous avons exposé, dans le chapitre qui précède, les relations qui lient entre eux les différents éléments du fusil de chasse et de sa cartouche. Nous y avons vu que le poids du fusil, le recul, le poids de la charge de plomb, la force de la poudre, la résistance de l'air, la densité du métal du projectile et la dispersion sont liés entre eux d'une façon complexe, et nous avons déterminé les combinaisons les plus avantageuses de ces divers éléments avec les fusils actuels.

Nous allons rechercher dans ce qui suit si quelques-uns de ces éléments sont susceptibles de perfectionnement, en vue de permettre un accroissement de la puissance du tir.

Fusil. — Le poids du fusil et la quantité de recul sont liés à

Digitized by Google

la force de l'homme. Ces deux éléments ne sont donc susceptibles d'aucune modification.

Poudre. — Le poids de la poudre intervient d'une façon très notable dans le recul. L'adoption de poudres plus puissantes que la poudre noire pour un même poids de charge permettrait, tout en conservant la même vitesse initiale et la même quantité de recul, d'augmenter le poids du plomb.

L'idéal dans cet ordre de perfectionnement serait une poudre dont la charge aurait un poids à peu près nul.

Le poids du plomb qui, avec un recul de 4^{km} et une vitesse de 360^{m}, est limité à $33^{gr},05$ en employant la poudre noire, pourrait être porté à $41^{gr},5$ en employant cette poudre idéale. La puissance du fusil de chasse en serait, de ce fait, accrue d'un quart.

Densité des projectiles. — Si, au lieu d'employer des projectiles en plomb, on employait des projectiles de même poids, confectionnés en métal d'une densité supérieure à celle du plomb, on diminuerait les pertes de vitesse causées par la résistance de l'air. On aurait donc des portées efficaces plus considérables.

Ce perfectionnement, qui est possible, ne paraît pas près de recevoir d'ici longtemps une solution pratique; car tous les métaux connus actuellement et plus denses que le plomb (or, platine, tungstène, etc.) sont trop chers et trop difficiles à travailler pour pouvoir être employés comme projectile de chasse (1).

Dispersion. — Nous avons dit, au début de la VIII[e] partie, que, pour la majorité des chasseurs et la plupart des genres de chasse au petit gibier, il n'y a pas intérêt à avoir des fusils donnant un tir plus serré que celui des fusils actuels. Les bons tireurs, à la chasse des animaux très sauvages, obtiendraient cependant, avec un fusil à tir très serré, des résultats qu'il leur est impossible d'obtenir avec les fusils actuels.

Supposons, en effet, un fusil donnant des écarts moitié moindres que ceux des fusils actuels. Pour un même poids de plomb et

(1) Le meilleur marché d'entre eux est le tungstène, qui coûte environ 400^{fr} le kilogramme. Ce corps a une densité de 17,6; mais il est infusible et ne peut être employé qu'en alliage.

Digitized by Google

sur un but de petites dimensions, le fusil à écarts moitié moindres enverra quatre fois plus de plombs que le fusil ordinaire; le chasseur pourra donc employer dans le fusil à tir serré des grains de plomb pesant quatre fois plus que ceux du fusil ordinaire et en mettre dans la cartouche un nombre quatre fois moindre.

Le recul et le nombre d'atteintes resteront égaux avec les deux armes.

Dans ces conditions de chargement, le diamètre des grains et la portée efficace du fusil à tir serré seront environ moitié plus forts que ceux de l'autre fusil (1).

On voit donc que, si l'on arrivait à diminuer la dispersion, on pourrait accroître sensiblement la zone meurtrière du fusil de chasse.

Nous avons exposé précédemment quelles sont les causes qui produisent la dispersion du plomb tiré en paquet. Ces causes nous paraissent ne pouvoir être que très peu réduites tant que l'on tirera les plombs en paquet. La diminution de la dispersion ne peut être obtenue d'une façon certaine qu'en opérant la sortie successive des plombs.

Le choke-bored réalise un peu ce désidératum, mais d'une façon incomplète et insuffisante. Il a, en outre, l'inconvénient de déformer les plombs, ce qui nuit à leur marche au dehors, et de donner aux plombs des vitesses inégales.

Mécanisme du fusil. — Le mécanisme du fusil n'a d'autre action sur le tir qu'une légère influence sur le réglage, influence dont on peut tenir compte et que l'on peut corriger par les moyens que nous avons indiqués.

Toutes les modifications possibles du mécanisme des armes de chasse tirant le plomb en paquet resteront toujours sans influence sur le tir. Elles permettront tout au plus de tirer rapidement un

---

(1) p étant le poids du grain du fusil ordinaire, $4p$ sera le poids du grain de l'autre fusil. Désignons par d et D les diamètres de ces grains, on aura $\frac{4p}{p} = \frac{D^3}{d^3}$, d'où $\frac{D}{d} = \sqrt[3]{4} = 1{,}59$.

Or, d'après ce que nous avons dit § V, chapitre I, cinquième partie, les portées efficaces sont proportionnelles au diamètre des grains. Le rapport des portées efficaces sera donc aussi 1,59.

Digitized by Google

grand nombre de coups. Aussi croyons-nous inutile de nous étendre davantage sur ce sujet.

II. — Fusils à tir successif et rapide.

Le seul moyen de réduire fortement la dispersion des petits projectiles avec lesquels on tue le petit gibier consisterait, avons-nous dit, à lancer ces projectiles successivement et non en paquet. Un fusil qui serait organisé de façon à lancer successivement un nombre considérable de petits projectiles, dans un intervalle de temps très court, pourrait constituer une arme de chasse très précise et d'une très grande portée.

Nous n'avons pas la prétention de vouloir déterminer en quelques lignes la solution mécanique de cette question. Toutefois, nous pensons qu'il est parfaitement raisonnable de concevoir aujourd'hui la réalisation d'un fusil qui lancerait 50 à 100 projectiles dans l'intervalle d'une seconde. Dans le but de fixer les idées du lecteur sur ce sujet, nous lui indiquerons deux types de fusils qui, bien exécutés, rempliraient les conditions du fusil de chasse à tir successif tel que nous le concevons.

Ces fusils, pour le moment encore tout théoriques, nous permettront également d'exposer nettement les conditions à remplir et les avantages qu'ils offriraient pour le tir à grande portée.

Le principe du mécanisme de la mitrailleuse Maxim, qui, comme tout le monde le sait, est automatique, pourrait être utilisé pour faire un fusil de chasse à tir successif.

La mitrailleuse Maxim, du calibre de 11^{mm}, tire par seconde successivement 10 cartouches pesant l'une 43^{gr}. La vitesse du tir des mitrailleuses de ce système et de divers calibres est à peu près inversement proportionnelle au poids de la cartouche; autrement dit, la vitesse du tir des engins de ce système et de divers calibres est d'autant plus grande que la cartouche est d'un calibre et d'un poids plus faibles.

Des cartouches du calibre de 2 à 3^{mm}, avec des projectiles de $0^{gr},2$ à $0^{gr},3$, pourraient fort probablement être tirées avec un mécanisme du genre Maxim à une vitesse d'environ 100 coups par seconde. Un fusil de ce genre permettrait donc d'envoyer en une seconde une centaine de projectiles à une pièce de gibier.

Digitized by Google

C'est le nombre de grains que l'on envoie actuellement en paquet lorsque le plomb est du n° 3 et le fusil du calibre 16.

Le mécanisme Maxim étant breveté, les chercheurs indépendants pourraient essayer de réaliser un fusil sur les principes suivants :

Le fusil serait disposé pour que la combustion de la poudre se fît en vase clos au moment où l'on presserait sur la détente pour faire partir le coup. Le poids de la charge de poudre et le volume du récipient dans lequel se ferait la combustion seraient déterminés de telle sorte que la pression maximum ne dépassât pas une certaine limite, soit environ 500^{atm}. Aussitôt que les gaz auraient atteint une certaine tension, leur échappement se ferait par un orifice ouvert par intermittence, comme le fait, par exemple, l'air s'échappant par la plaque d'une sirène. Chaque émission de gaz lancerait un projectile mis en place, à l'entrée du canon, par un distributeur dont le mouvement serait relié à celui qui produit les émissions de gaz.

Une pareille arme, impossible à réaliser avec les poudres noires, à cause de l'encrassement, est, pensons-nous, très réalisable avec les explosifs chimiques qui ne produisent aucun encrassement (1). Les explosifs de ce genre actuellement connus sont en très grand nombre.

Un fusil à tir successif, du poids de $3^{kg},200$, tirant des projectiles de $0^{gr},2$ à $0^{gr},3$, pourrait en lancer au moins une centaine avant d'avoir son pointage notablement dérangé par le tir. La déviation verticale résultant du tir successif serait même utile dans le tir aux fortes distances pour compenser l'erreur faite sur l'appréciation des distances et la courbure de la trajectoire.

Le fusil à tir successif devrait être rayé de façon à permettre d'employer des projectiles allongés et d'augmenter à poids égal leur portée meurtrière (2).

---

(1) Le principe de cette arme a quelque analogie avec celui des fusils à vent, mais lui est supérieur, parce que la force de compression des gaz de la poudre peut être aussi grande qu'on le désire et que le comporte la solidité du réservoir. Au contraire, la compression de l'air dans un fusil à vent est forcément très limitée; de plus, il est très difficile d'obtenir l'étanchéité complète du réservoir. Cette difficulté n'existerait pas dans le fusil proposé, puisque la pression serait produite juste au moment où elle doit être utilisée.

(2) Le canon n'aurait pas besoin d'avoir plus de 20^{cm} à 30^{cm} de long. Un pareil

Digitized by Google

Un projectile cylindro-ogival, en plomb, ayant 2^{mm} de diamètre et 6^{mm} de long, pèserait $0^{gr},181$. Tiré à la vitesse de 350^{m}, il pourrait encore casser les grands os d'un animal de la grosseur du lièvre à la portée de 300^{m}. Un plomb sphérique de même poids n'a plus la force suffisante pour produire le même résultat à 55^{m}.

Un fusil du calibre de 4^{mm}, tirant des projectiles de 2^{gr}, permettrait de tuer un animal de la grosseur d'un chevreuil jusqu'à 1000^{m}. Du plomb sphérique de même poids permettrait d'obtenir le même résultat à 60^{m} au plus.

Un fusil de $3^{kg},200$ permettrait de tirer successivement et en une seule bordée 165 balles du poids individuel de $0^{gr},181$ avec un recul total à peu près égal à celui d'un fusil de chasse ordinaire calibre 16 tirant des cartouches normales. Le recul du fusil à tir successif serait cependant bien moins pénible que celui de l'autre; car, au lieu de se produire sous forme de choc assez brusque, il se produirait sous forme de poussée progressive.

Les projectiles lancés par le fusil à tir successif et à canon rayé pourraient avoir une précision comparable à celle des armes de guerre, au moins jusqu'à 100 ou 200^{m}; mais, si l'on trouvait ce tir trop serré, rien ne serait plus simple que de régler la dispersion au degré voulu.

Un fusil à tir successif et rapide permettrait donc d'avoir un tir efficace sur le gibier de grosseur moyenne à plusieurs centaines de mètres.

III. — Tir d'obus dans les fusils de chasse.

On pourrait accroître beaucoup la distance à laquelle il est possible de tuer le petit gibier en faisant pour les fusils de chasse ce qui a été fait pour accroître la portée meurtrière des pièces d'artillerie. Lorsque les artilleurs ont voulu pouvoir envoyer des gerbes serrées de petites balles bien au delà de la portée à laquelle il était possible de les envoyer en tirant un paquet de mitraille, ils ont fait l'obus à balles. A la suite de perfectionnements successifs,

---

canon est très faisable. Dans le cas où l'on éprouverait des difficultés à le forer on pourrait le faire par étirage et lui donner une section légèrement ovale se développant en hélice dans la longueur du canon, de façon à faire une rayure du genre Lancaster.

Digitized by Google

l'obus à balles est devenu l'obus dit *à mitraille,* engin qui réalise à peu près la perfection pour tuer des hommes à grande distance.

Il est parfaitement possible de faire un obus à mitraille du calibre de 18 à 20^{mm} qui, tiré avec un fusil rayé, offrirait de grands avantages pour la chasse des animaux qui fuient de loin.

La fusée de cet obus minuscule serait fusante. Les fusées seraient réglées d'avance, de façon à éclater à des portées déterminées. La portée efficace des plombs sortis de l'obus après son éclatement serait peu différente de celle des plombs sortis en paquet d'un canon de fusil ordinaire, soit une trentaine de mètres.

Pour pouvoir battre efficacement le terrain, on aurait donc des munitions pour tirer, par exemple, à 50, 80, 110, 140^{m}. Si les écarts de durée de combustion de la fusée ne dépassaient pas $\frac{1}{30}$ de seconde, ce qu'il est facile d'obtenir pour une durée aussi courte, et que la vitesse moyenne fût de 300^{m}, les écarts en portée sur le point où se fait l'éclatement ne dépasseraient pas 10^{m}.

Un tireur armé d'un fusil à répétition, tel que le fusil Spencer de chasse, chargé avec 5 cartouches à obus dont les fusées seraient réglées pour éclater de 30 en 30^{m}, pourrait, en tirant successivement ses 5 coups, suivre de ses projectiles jusqu'à 150^{m} une bande de canards en fuite.

Les quelques aperçus que nous venons de donner sur les perfectionnements possibles des armes de chasse paraîtront peut-être un peu hardis au lecteur. Nous ne serions cependant pas étonnés qu'ils tentassent quelques mécaniciens inventeurs.

Un fusil à tir successif et ses munitions, ou encore des cartouches à obus, coûteront certainement cher. Cependant, étant donné le prix que l'on paie aujourd'hui les chasses gardées et les faux frais qu'entraîne toute partie de chasse, le prix du coup de fusil mitrailleuse ou à obus n'augmenterait relativement pas beaucoup le prix du gibier pour le chasseur amateur qui le tuerait.

Les fusils à grande portée ne seraient, du reste, utiles que pour les gibiers tels que le canard, que l'on voit souvent se promener tranquillement et à découvert à 100^{m} du chasseur et qui s'enfuit dès qu'on approche.

On pourrait également dire de ces armes qu'elles ont le défaut de leurs qualités, en ce sens que, ayant une très grande portée, elles pourraient devenir une source d'accidents. Mais cette condi-

Digitized by Google

tion empêche-t-elle de chasser le gros gibier avec des chevrotines qui peuvent blesser un homme à 300^{m}, avec des balles sphériques qui peuvent blesser grièvement à 1100^{m}, et même avec des cartouches pour armes rayées dont certaines peuvent aller tuer un homme au delà de 3000^{m}?

Pour un bon tireur, la chasse serait bien autrement intéressante avec ces armes perfectionnées qu'elle ne l'est avec des fusils comme ceux dont on se sert actuellement, qui laissent au hasard une part qui s'accroît très vite avec la distance, dès qu'on dépasse la portée de 35^{m}.

On objectera à ces armes qu'au bout de quelque temps le gibier deviendra encore plus méfiant et fuira de plus loin qu'il ne le fait maintenant. Nous répondrons à cela : qu'il n'en est pas moins vrai que, tant que ces fusils seront très peu répandus, leurs heureux possesseurs pourront jouir de leurs avantages. Ce n'est pas du jour au lendemain que la masse des chasseurs changera son armement : il s'écoulera donc des années avant que le gibier ait pris plus de sauvagerie. On pourra alors chercher encore mieux.

L'industrie ne renouvelle-t-elle pas continuellement son matériel, et les états militaires ne renouvellent-ils pas fréquemment et à grands frais leur matériel de guerre pour s'assurer une supériorité souvent très momentanée sur leurs concurrents ou leurs adversaires? Pour le chasseur, la question est exactement de même nature. On a abandonné le fusil à baguette lorsque sont apparus les fusils Lefaucheux; on a abandonné ceux-ci lorsque sont apparus les fusils choke-bored : on abandonnera *pour certaines chasses* ces derniers lorsque apparaîtront des fusils plus puissants.

Digitized by Google

ONZIÈME PARTIE.

CHARGEMENT DES CARTOUCHES A PLOMB.

L'étude qui vient d'être faite de l'influence des divers éléments de l'arme et de la cartouche sur la vitesse, la pression maximum et la dispersion va nous permettre de formuler des règles pour le chargement des cartouches à plomb. Nous réserverons pour un chapitre ultérieur ce qui est relatif aux cartouches à balles.

CHAPITRE PREMIER.

ÉTUI.

Il y a avantage à n'employer que des étuis de très bonne qualité. Les étuis de qualité médiocre donnent lieu à des difficultés de chargement et d'extraction, à des pertes de vitesse et à une forte dispersion. La qualité des étuis doit être d'autant meilleure que la charge est plus forte.

Les étuis de longueur ordinaire (65^{mm} pour les calibres 12 à 32) conviennent pour les poudres ordinaires n^{os} 2 et 3, les poudres fortes n^{os} 2, 3 et 4 et la poudre pyroxylée.

Lorsqu'on emploie les poudres ordinaires n^{os} 0 et 1 et la poudre forte n^{o} 1, il faut des étuis de 75^{mm} pour pouvoir mettre une charge suffisante.

Nous rappelons encore que les étuis de diverses longueurs ne doivent être tirés que dans des fusils chambrés en conséquence; mais qu'on peut tirer des étuis de longueur quelconque dans des fusils sans chambre ou, plus exactement, qui ont la chambre du même diamètre que l'âme cylindrique du canon.

On ne doit refectionner des étuis que lorsqu'on ne peut pas faire autrement.

Il y a avantage au point de vue de la vitesse à sertir fortement les étuis par-dessus le plomb.

Digitized by Google

Les cartouches entièrement métalliques que l'on vend actuellement ont l'inconvénient de ne pas maintenir d'une façon suffisante le plomb et de le laisser souvent s'échapper. Les étuis métalliques ont de plus l'inconvénient d'exiger des réfections soignées pour pouvoir être de nouveau employés. Ils n'ont, d'autre part, aucun avantage sur les étuis en carton.

CHAPITRE II.

BOURRE.

Les bourres à employer sont les bourres de laine feutrée que l'on fera bien de retremper jusqu'à saturation dans un bain de cire et graisse fondues.

L'épaisseur de la bourre doit être comprise entre la moitié et les $\frac{2}{3}$ du calibre de l'arme. Il faut placer sous la bourre graissée une rondelle de carton mince pour empêcher la poudre d'être au contact direct des matières grasses. La rondelle de carton placée sur le plomb doit être légère, sans quoi elle accroît la dispersion.

CHAPITRE III.

PLOMB.

Le poids de la charge de plomb qui convient le mieux à chaque calibre a un poids égal à celui de la balle sphérique en plomb du calibre du fusil.

La grenaille de plomb durci est de beaucoup préférable à la grenaille de plomb pur, tant au point de vue de la dispersion que de la portée meurtrière.

Nous signalerons que l'on trouve souvent dans le commerce, sous le nom de *plomb durci,* des grenailles de plomb qui ne sont que peu ou pas du tout durcies.

La grosseur du plomb doit être appropriée à la grosseur du gi-

Digitized by Google

bier et à la distance à laquelle on compte tirer. On trouvera dans ce qui précède les renseignements nécessaires à ce sujet. Nous ajouterons seulement ces quelques réflexions :

Le plomb n° 8, pour prendre un exemple, ne peut produire d'effet sérieux au delà de 40^{m} sur un gibier de grosseur moyenne. Si l'on veut pouvoir tuer au delà de cette distance, il faut employer du plomb plus gros. Mais alors, pour une charge d'un poids donné, la gerbe est moins garnie, car le nombre de grains diminue sans que la dispersion diminue sensiblement. Avec du gros plomb tiré de loin, le gibier peut passer entre les grains ou encore ne recevoir qu'une blessure qui ne l'empêchera pas de fuir assez loin pour devenir une pièce perdue pour le chasseur.

Avec une balle, on pourrait tuer de très loin, mais la chance d'atteindre serait encore moindre qu'avec du gros plomb.

Les concentrateurs et les grillages améliorent quelque peu le tir des canons cylindriques.

Une enveloppe de papier fort et graissé entourant le plomb et partant avec lui offre l'avantage d'empêcher les grains périphériques de la charge de s'user sur les parois du canon, prévient cette cause de déformation et augmente en fin de compte le nombre de grains utiles à une certaine distance de la bourre.

Cet avantage est encore plus sensible avec le plomb durci qu'avec le plomb pur.

Une enveloppe métallique mince et fendue longitudinalement remplirait encore mieux et plus sûrement cet office. Mais cet accessoire ne se trouve pas encore actuellement dans le commerce.

CHAPITRE IV.

POUDRES.

Les recherches que nous avons faites sur la vitesse et la pression maximum des différentes espèces de poudres et sur la vitesse la plus convenable pour les armes de chasse nous permettent de déterminer la charge des différentes espèces de poudre qu'il convient d'employer dans les fusils des différents calibres, la charge

Digitized by Google

de plomb étant réglée ainsi que nous l'avons indiqué dans le chapitre III.

Dans le tableau des charges de poudres données ci-après, nous avons indiqué en chiffres gras les charges qui donnent une pression supérieure aux $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve du fusil terminé.

Les données relatives à la poudre pyroxylée (ancien type) n'ont pas été vérifiées pour tous les calibres. Les renseignements relatifs à cette poudre et aux calibres autres que le 16 et le 32 ne sont donnés que sous toutes réserves.

Poids des charges de poudre et de plomb donnant la vitesse de 360^{m} *dans les fusils des divers calibres de longueur ordinaire.*

		CALIBRES NOMINAUX.								
		4.	8.	10.	12.	16.	20.	24.	28.	32.
POIDS DU PLOMB.		10^{gr},8.	60^{gr},0.	46^{gr},2.	38^{gr},8.	30^{gr}.	23^{gr},9	20^{gr},1.	17^{gr},0.	13^{gr},0.
Poids des charges de poudre	de guerre F_2.....	15,3	9,6	7,6	6,5	5,20	4,3	3,7	3,2	2,5
	de chasse ordinaire n° 0.	15,7	9,8	7,9	6,7	5,35	4,4	3,8	3,3	2,6
	» n° 1.	15,0	9,4	7,5	6,4	5,10	4,2	3,6	3,1	2,4
	» n° 2.	14,0	8,8	7,1	6,0	4,80	4,0	3,4	2,9	2,3
	» n° 3.	13,5	8,5	6,8	5,7	4,60	3,8	3,3	2,8	2,2
	de chasse forte, n° 1....	14,5	9,1	7,3	6,2	4,95	4,1	3,5	3,0	2,4
	» n° 2.. .	13,7	8,6	6,9	**5,9**	**4,70**	**3,9**	**3,3**	**2,9**	**2,3**
	» n° 3.. .	**12,0**	**7,5**	**6,0**	**5,1**	**4,10**	**3,4**	**2,9**	**2,5**	**2,0**
	» n° 4....	**11,5**	**7,2**	**5,7**	**4,9**	**3,90**	**3,2**	**2,8**	**2,4**	**1,9**
	pyroxylée (ancien type)	8,7	5,0	3,9	3,2	2,5	2,0	1,75	1,51	1,2
Variation moyenne de vitesse produite par une variation de 0^{gr},1 dans le poids de la poudre noire (1).....		1,35	2,16	2,7	8,4	4,25	5,10	6,0	7,0	9,0
Variation moyenne de vitesse produite par une variation de 1^{gr},0 dans le poids du plomb.....		1,31	2,28	2,96	3,53	4,55	5,70	6,8	8,04	10,5

(1) La variation est quelque peu différente avec les différents types de poudre noire. Les chiffres ci-dessus indiquent les variations obtenues avec les types de poudre les plus avantageux dans le calibre considéré.

Digitized by Google

DOUZIÈME PARTIE.

TIR A BALLE DES ARMES DE CHASSE

CHAPITRE PREMIER.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DU TIR A BALLE.

I. — Considérations générales sur la chasse à balle.

Le tir de chasse à balle sur de gros animaux offre à ceux qui peuvent le pratiquer dans de bonnes conditions un genre d'exercice bien autrement attrayant que celui qui consiste à mitrailler des animaux inoffensifs.

La chasse à balle exige de la part du tireur plus de sang-froid et plus d'adresse que la chasse à plombs. Dans le tir à plomb, l'ouverture de la gerbe permet d'atteindre le but tout en tirant avec peu de précision, surtout aux grandes distances. Dans le tir à balle, la précision du tir doit être d'autant plus grande que le but est plus éloigné. Pour produire de l'effet, l'écart de la balle doit être au plus égal aux dimensions de la bête telle qu'on la voit. L'angle sous-tendu par le but étant d'autant plus petit que la distance est plus grande, la déviation angulaire admissible pour le tir à balle doit diminuer avec la distance.

II. — Nécessité du tir à balle au delà d'une certaine distance.

Nous avons vu précédemment qu'au delà de la portée de 60^{m} on n'est plus certain de pouvoir tuer une pièce de petit et moyen gibier avec un coup de fusil à plomb. Les plombs qui, à cette distance, ont conservé une force meurtrière suffisante sont relativement gros : leur nombre est donc restreint. La gerbe est peu garnie et le gibier peut soit passer entre les grains, soit recevoir une seule blessure qui ne l'arrêtera pas.

A 80^{m}, le plomb n° 00 conserve seul une force suffisante pour

Digitized by Google

blesser sérieusement un gibier de la grosseur du lièvre. Mais, à cette distance, une charge de 30^{gr} ne donne que 6 grains par mètre carré dans la partie centrale du groupement. Un coup de fusil dans ces conditions n'atteindra un lièvre en moyenne d'un seul grain qu'une fois sur 4 et ne l'atteindra presque jamais de 2 grains. La probabilité de rapporter la pièce devient très faible.

A 100^{m}, cette probabilité devient à peu près nulle en tirant dans les mêmes conditions, car à cette distance le plomb n° 00 n'a plus une vitesse suffisante pour faire des blessures sérieuses.

En tirant à balle avec un fusil ayant la précision qu'on peut avoir aujourd'hui, un très bon tireur pourrait atteindre un animal de la grosseur du lièvre, à 100^{m}, 1 fois sur 4, si cet animal était à peu près immobile. Un tireur ordinaire l'atteindrait à peu près 1 fois sur 10. Si l'animal était en marche rapide, la probabilité d'atteindre serait beaucoup moindre, mais elle resterait en tout cas en rapport avec l'habileté du tireur.

En résumé, on ne possède pas la *possibilité matérielle* de tuer le gibier au delà de 90^{m} environ avec un coup de fusil à plomb, tandis que l'on conserve la possibilité matérielle de le faire avec un fusil à balle jusqu'à une distance de plusieurs centaines de mètres.

Dans le tir à balle, la probabilité d'atteindre dépend, à toutes les distances, de l'adresse du tireur et de la perfection de son armement. Avec un fusil à plomb, la probabilité de tuer une pièce de gibier dépend à peu près exclusivement de l'adresse du tireur jusqu'à 30^{m}. Elle dépend un peu de cette adresse et beaucoup du hasard de 30 à 60^{m}. La probabilité de tuer avec un coup même bien pointé devient très faible de 60 à 90^{m}, et elle devient nulle au delà de 90^{m}.

III. — Genres divers de chasse à balle.

Au point de vue des qualités que doivent posséder les armes de chasse, on peut diviser les chasses à balle en 2 catégories :

1° Les chasses sous bois dans lesquelles le gibier se tire relativement de près. Telle est la chasse au sanglier.

2° Les chasses en pays découvert dans lesquelles la sauvagerie du gibier ne permet pas de compter pouvoir le tirer à moins d'une centaine de mètres et force le plus souvent à tirer à des distances

Digitized by Google

assez fortes, 200 à 300m. Telle est la chasse à la gazelle, au chamois, à certains gros oiseaux, tels que l'oie sauvage, la grosse outarde, etc.

CHAPITRE II.

ARMES ET MUNITIONS EMPLOYÉES POUR LA CHASSE A BALLE.

Les modèles de fusil à balle susceptibles d'être employés à la chasse sont aujourd'hui tellement variés qu'il ne peut entrer dans notre esprit de songer à les décrire tous. Aussi choisirons-nous parmi eux 3 types auxquels il est possible de rapporter à peu près tous les autres.

Ces types sont :

1° Les fusils doubles lisses qui, jusqu'à présent, ont été de beaucoup les plus employés malgré leur peu de qualités pour cet usage ;

2° Les fusils express rifles, qui sont les fusils les plus puissants que l'on puisse actuellement se procurer facilement dans le commerce ;

3° La carabine Colt à répétition, qui représente l'arme rayée peu puissante.

I. — Fusils lisses.

Le fusil le plus généralement employé en France pour la chasse à balle sous bois est le fusil double lisse, quoiqu'il manque de la plupart des qualités désirables pour ce genre de tir.

Le seul avantage qu'il présente est de permettre au chasseur d'utiliser pour le tir à balle le fusil qu'il emploie également pour le tir du plomb de chasse.

Le projectile qui convient le mieux pour le tir dans les fusils lisses est la balle sphérique en plomb du calibre exact. Il importe peu que le plomb soit pur ou durci.

En tirant dans les canons choke-bored des balles du calibre de l'âme cylindrique, on ferait gonfler ou même éclater le canon à hauteur de la partie étranglée. On peut tirer dans les canons

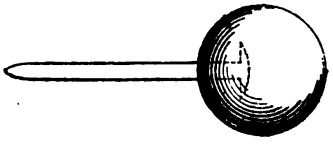
Digitized by Google

choke-bored des balles, à condition que celles-ci passent librement et sans forcement dans la partie étranglée.

Les balles sphériques et les moules à balles sphériques que l'on trouve dans le commerce sont rarement bien faits. Les coquilles du moule étant généralement mal ajustées, les deux moitiés de la balle ne se rejoignent pas exactement. De plus, les jets de coulée sont presque toujours trop courts, il en résulte des vides intérieurs souvent considérables dans la balle. Le jet est lui-même rarement bien coupé. Toutes ces causes influent pour accroître la dispersion du tir avec cette balle, dispersion qui est déjà très forte lorsque la balle est bien faite.

La précision du tir de la balle sphérique peut être quelque peu améliorée, surtout aux fortes distances, en y introduisant, au mo-

Fig. 80.



ment de la coulée, un fort clou débordant la surface extérieure d'environ 3^{cm} (*fig.* 80). La tige de ce clou est logée dans la poudre de la cartouche.

Pendant le trajet dans l'air, cette tige empêche les rotations rapides que les balles sphériques ordinaires, tirées dans un fusil lisse, prennent sous l'influence de leur excentricité. L'aspect des empreintes faites sur une cible peu résistante par une balle à clou fait voir que dans l'air le clou oscille de 30° environ autour de la tangente à la trajectoire.

En général, il y a intérêt, tant au point de vue de la précision du tir que de la puissance meurtrière, à tirer la balle sphérique à la charge la plus forte que le permettent les autres conditions à remplir, savoir : ne pas dépasser la limite de résistance du fusil, ne pas avoir un recul exagéré.

La poudre de chasse qui convient le mieux pour le tir à balle dans les fusils lisses est la poudre ordinaire n° 0.

La poudre de guerre F_3 lui est à peu près équivalente.

Il est bon de placer une bourre grasse sur la poudre et de graisser fortement la balle.

Digitized by Google

Le tableau ci-après indique les charges de poudre ordinaire n° 0 qui, dans le tir avec la balle sphérique, donnent une pression égale aux $\frac{3}{4}$ de la pression d'épreuve du fusil terminé. Il y a donc lieu de ne pas dépasser ces charges; mais on peut les atteindre sans danger. Notons toutefois que ces charges limites ne doivent être employées qu'avec des étuis de très bonne qualité, sans quoi on aura des difficultés d'extraction.

CALIBRE NOMINAL du fusil.	8.	10.	12.	16.	20.	24.	28.	32.
Poids de la balle sphérique en plomb p..	60 gr	46,2 gr	38,8 gr	29,7 gr	23,9 gr	20,1 gr	17,0 gr	13,1 gr
Poids de la poudre ordinaire n° 0 à ne pas dépasser ϖ.....	14,0 gr	10,9 gr	7,9 gr	6,50 gr	5,9 gr	4,5 gr	3,8 gr	3,2 gr
Vitesse initiale correspondant à p et à ϖ.....	434 m	430 m	397 m	401 m	422 m	398 m	394 m	406 m
Poids du fusil.....	5,90 kg	4,00 kg	3,25 kg	3,05 kg	2,4 kg	2,2 kg	2,1 kg	2,0 kg
Force vive du recul..	11,6 km	10,1 km	7,03 km	4,76 km	4,60 km	3,07 km	2,26 km	1,59 km

Tirés aux charges limites, le recul des fusils du calibre 12 est pénible; celui des fusils calibre 8 est insupportable.

Pour tirer à balle, sans recul exagéré, les fusils de calibre supérieur au 16, on est donc conduit à adopter des charges de poudres inférieures aux charges indiquées dans le tableau ci-dessus.

Pour que le recul du fusil calibre 10 fût égal à celui du fusil calibre 16 ($4^{km},76$), il faudrait réduire la vitesse de sa balle à 300^{m}.

La force vive de la balle, qui représente en somme la puissance meurtrière, serait 211^{km} pour la balle calibre 10 tirée à 300^{m} de vitesse; cette force vive est de 243^{km} pour la balle calibre 16 tirée à 401^{m} de vitesse. On voit donc que pour le tir à balle il n'y a pas intérêt à avoir des fusils de trop fort calibre, si l'on ne veut pas s'exposer aux désagréments d'un recul insupportable. Les fusils les plus avantageux pour le tir de la balle sphérique sont les fusils du calibre 16 ou du calibre 20 ayant un poids d'environ $3^{kg},200$.

Digitized by Google

Notons, en passant, qu'à l'époque où les armées avaient le fusil lisse, le calibre du fusil ou plutôt des balles était à peu près uniforme dans tous les pays. Ces balles étaient d'un calibre intermédiaire entre le 16 et le 20.

Une expérience séculaire et de tous les pays avait fait reconnaître que cette balle était celle qui s'harmonisait le mieux avec la poudre, les forces de l'homme, et qui donnait le tir le plus puissant.

Précision du tir de la balle sphérique juste de calibre tirée dans les fusils lisses.

PORTÉE.	BALLE SPHÉRIQUE.				BALLE SPHÉRIQUE A CLOUS.			
	ÉCART PROBABLE		RECTANGLE TOTAL DES SÉRIES DE 10 COUPS.		ÉCART PROBABLE		RECTANGLE TOTAL.	
	vertical.	horizontal.	Hauteur.	Largeur.	vertical	horizontal.	Hauteur.	Largeur.
m	m	m	m	m	m	m	m	m
50	0,11	0,09	0,55	0,45	0,11	0,08	0,55	0,40
100	0,24	0,16	1,20	0,80	»	»	»	»
200	1,00	1,00	5,00	5,00	0,52	0,41	2,6	2,0
300	2,90	2,40	14,00	12,00	0,80	1,05	4,0	5,2
400	5,70	5,30	28,00	26,00	»	»	»	»

Les écarts des balles sphériques tirées dans un fusil lisse sont, à la portée de 100m, 10 fois supérieurs aux écarts des balles tirées dans un bon fusil rayé; à 400m, ils sont 48 fois supérieurs.

Tous les fusils lisses, longs ou courts, doubles ou simples, à canon mince ou épais, donnent sensiblement la même dispersion lorsque les balles sont justes du calibre.

Lorsque les balles ballottent dans le canon, les canons minces et légers donnent plus de dispersion que les canons épais.

Les ballottements obligés de la balle tirée dans un canon choke-bored font que le tir à balle de ces canons est encore plus dispersé que celui des canons cylindriques.

La précision du tir à balle sphérique est à peu près indépendante du calibre. Elle est un peu plus grande aux charges de poudre relativement fortes qu'aux petites charges, et cela d'autant plus que la portée est plus grande.

Digitized by Google

Le tir d'une balle allongée unique dans un fusil lisse est toujours plus dispersé que celui d'une balle sphérique. Il a, de plus, moins de portée; car une balle allongée tirée dans ces conditions se met de travers aussitôt après sa sortie du canon.

Le tir à 2 balles est encore beaucoup plus dispersé que le tir à une balle. A 50^{m}, le rectangle contenant les 2 balles a plus de 1^{m} de côté; à 100^{m}, il en a 3.

Le tir à 2 balles produit, même pour des charges de poudre assez modérées, un recul pénible quand il est pratiqué dans des fusils de calibre supérieur au 24; de plus, il produit des pressions dangereuses pour la solidité du fusil. Quand on tire 2 balles, il faut que ces balles soient sphériques. En effet, 2 balles cylindriques et pleines, ayant chacune 2 calibres de longueur, tirées à 4^{gr} de poudre noire, font à peu près sûrement éclater, ou tout au moins gonfler, un bon canon calibre 16 bien étoffé.

Les chasseurs ont pour habitude de charger assez peu les cartouches à balles destinées à être tirées dans les fusils lisses, pour des motifs que nous indiquerons plus loin. Cette manière de faire présente des inconvénients que nous allons signaler.

Les balles qui rencontrent un obstacle résistant ricochent avec d'autant plus de facilité et sous des angles d'autant plus grands que la vitesse est plus faible. Sur les arbres à bois très dur, tel que l'orme, le chêne, etc., les balles, arrivant à moins de 200^{m} de vitesse, peuvent ricocher sous des angles très considérables, et même revenir en arrière. Au contraire, les balles ayant une grande vitesse ne sont jamais beaucoup déviées par les ricochets. Un obstacle dont l'inclinaison dévierait très fortement une balle à petite vitesse arrêtera et, s'il est dur, pulvérisera une balle à grande vitesse. A ce point de vue, les fusils lisses, qui sont généralement tirés à petite vitesse, sont susceptibles d'amener beaucoup plus d'accidents de chasse que les fusils rayés de petit calibre, qui sont presque toujours tirés à des vitesses assez fortes, et, à ce titre, une société de chasseurs soucieuse de ses intérêts devrait proscrire d'une façon absolue les fusils lisses pour la chasse à balle, surtout sous bois (1).

(1) L'angle limite d'arrivée sous lequel les balles cessent de ricocher et pénètrent dans le bois dépend : 1° de la vitesse d'arrivée de la balle; 2° de la dureté

Digitized by Google

Pénétration des balles sphériques. — Le tableau ci-après donne la pénétration des balles sphériques dans le bois de sapin.

Balles sphériques en plomb durci du calibre 16.

Diamètre : $17^{mm},1$. — Poids : $29^{gr},7$.

	PORTÉES.									TIR sous des angles supérieurs à 10°.
	0m	50m	100m	150m	200m	300m	400m	600m	800m	
Vitesses restantes...	400m	330m	292m	266m	245m	211m	180m	136m	102m	78m
Pénétrations dans le sapin.....	24cm	17cm	14cm	12cm	10cm	7cm	5cm	3cm	1cm,7	1cm,0

du bois; 3° un peu de la forme de la balle. Cet angle limite est donné ci-après :

VITESSE d'arrivée de la balle.	BOIS DUR (Chêne, orme).		BOIS TENDRE (Peuplier, sapin).	
	Balles allongées.	Balles sphériques.	Balles allongées.	Balles sphériques.
	Angles limites d'arrivée sous lesquels la balle ricoche.			
m	°	°	°	°
150	37	54	23	24
200	27	37	17	18
300	18	24	10	12
400	13	18	8	9
500	10.30′	14	6.30′	7
600	8.40′	12	5.30′	6

Lorsque les balles ricochent sur du bois sous des angles d'arrivée compris entre 10 et 45°, l'angle de ricochet est sensiblement égal à l'angle d'arrivée.

Pour des angles d'arrivée inférieurs à 10°, l'angle de ricochet est généralement inférieur à l'angle d'arrivée.

Au contraire, pour des angles d'arrivée supérieurs à 45°, l'angle de ricochet est supérieur à l'angle d'arrivée. Ainsi, une balle sphérique qui, animée d'une vitesse de 130m, ricoche sur du chêne avec un angle d'arrivée égal à 60°, a un angle de ricochet d'environ 100°. La balle revient donc presque directement sur le tireur.

Pour des angles d'arrivée compris entre 10 et 45° et produisant le ricochet, la déviation de la balle, après le ricochet, est égale au double de l'angle d'arrivée. Une balle sphérique, frappant sur du chêne avec une vitesse de 200m, sera donc déviée de 74° en dehors de sa direction d'arrivée.

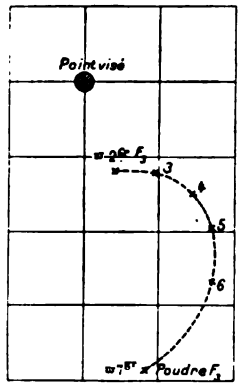
Digitized by Google

Réglage des fusils doubles lisses. — Le point moyen où un fusil double lisse porte à petite distance, en tirant des cartouches

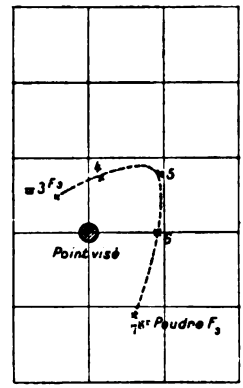
Fig. 81.

GRAPHIQUE n° 37. — Positions successives des points moyens obtenus dans les tirs à charges variables de poudre F_3 et à balles sphériques, avec le canon droit de fusils doubles lisses à bascule à la portée de 50m.

Fusil calibre 16, n° 1.



Fusil calibre 16, n° 2.



Échelle $\frac{1}{10}$.

chargées normalement, est souvent fort différent, suivant que l'on tire à plomb ou à balle.

Les 2 fusils qui ont fourni les résultats donnés dans le graphique n° 37 sont bien réglés pour le tir à plomb. On voit que le fusil n° 1 donne des tirs à balle fort mal réglés, surtout aux fortes charges.

Tous les fusils doubles lisses à bascule que nous avons expérimentés font porter la balle aux distances ordinaires de chasse d'autant plus bas que la charge de poudre est plus forte, lorsqu'on reste dans les limites de charge que peuvent supporter sans danger ces fusils. Avec les charges normales, les canons droits portent généralement à droite et en bas, et les canons gauches à gauche et en bas.

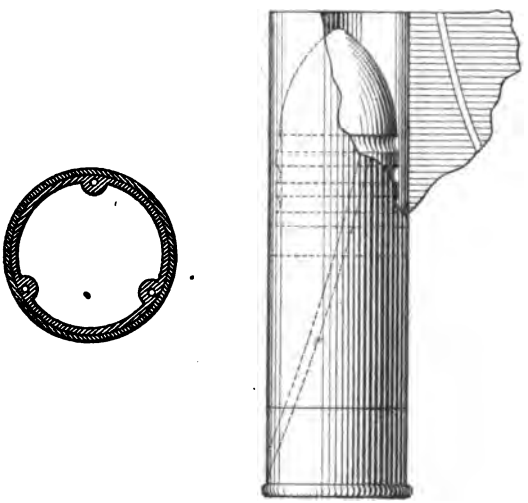
Les tireurs qui veulent essayer le tir d'un fusil de chasse ont généralement pour habitude de tirer dans cette arme un petit nombre de cartouches et de ne s'occuper que de la distance moyenne des empreintes au point visé. Ils constatent, ainsi que nous l'avons dit plus haut, que leurs coups sont d'autant plus

Digitized by Google

distants du point visé que la charge est plus forte. Ils attribuent presque toujours à un excès de dispersion ce qui doit être attribué à un défaut de réglage. En réalité, la dispersion du groupement des fusils lisses est d'autant moindre que la vitesse est plus forte. Cette croyance (au fond assez justifiée), que le fusil lisse a d'autant moins de probabilité d'atteindre le but visé que la charge de poudre est plus forte, conduit les chasseurs à charger assez peu leurs cartouches, ce qui, au point de vue des accidents possibles, offre les inconvénients que nous avons signalés précédemment.

Lorsque, à défaut d'une meilleure arme, on doit tirer à balle avec un fusil lisse, il est bon de munir l'arme d'une hausse du genre représenté page 84, de façon à régler le tir du coup droit pour la portée de 30 à 40^{m} environ, et pour les cartouches que l'on compte employer. Le canon gauche, dont le tir se trouvera souvent mal réglé avec la hausse qui convient au canon droit, sera réservé pour les tirs à très petite distance, où un défaut de réglage est sans influence sensible sur les résultats. Les fusils doubles lisses n'ont besoin d'être réglés que pour une seule distance assez

Fig. 82.



Coupe de l'étui. Étui coupé et muni de sa balle.

rapprochée d'environ 30 à 40^{m}. Dans ces conditions, le tir se trouvera réglé d'une façon suffisante pour toutes les portées comprises entre 0 et 60^{m}. Il est inutile de se préoccuper de régler ces

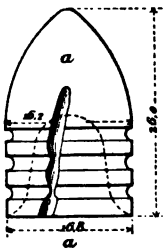
Digitized by Google

armes pour les tirs à des distances plus fortes; car, en raison de leur défaut de précision, il n'y a pas grand résultat à espérer de leur tir au delà de cette distance.

Cartouches rayées. — On trouve dans le commerce des cartouches de chasse dont l'intérieur est rayé en hélice, dans le but de communiquer à une balle allongée un mouvement rapide de rotation autour de son axe. Ces cartouches ont à leur intérieur une enveloppe de laiton mince sur laquelle sont soudées 3 baguettes de laiton qui forcent l'enveloppe à former, à l'intérieur de l'étui, 3 côtes saillantes en hélice (*fig.* 82).

Les balles employées avec ces cartouches (*fig.* 83) sont cylin-

Fig. 83.



Balle pour cartouches rayées du calibre 16.

dro-coniques; elles sont munies de 3 sillons que l'on engage dans les côtes saillantes formées à l'intérieur de l'étui.

Lorsqu'on tire ces cartouches dans un fusil lisse, on constate que la balle prend dans la cartouche un mouvement rapide de rotation qui ne se perd pas complètement pendant le trajet dans le canon et qui généralement se trouve suffisant pour maintenir les balles la pointe en avant.

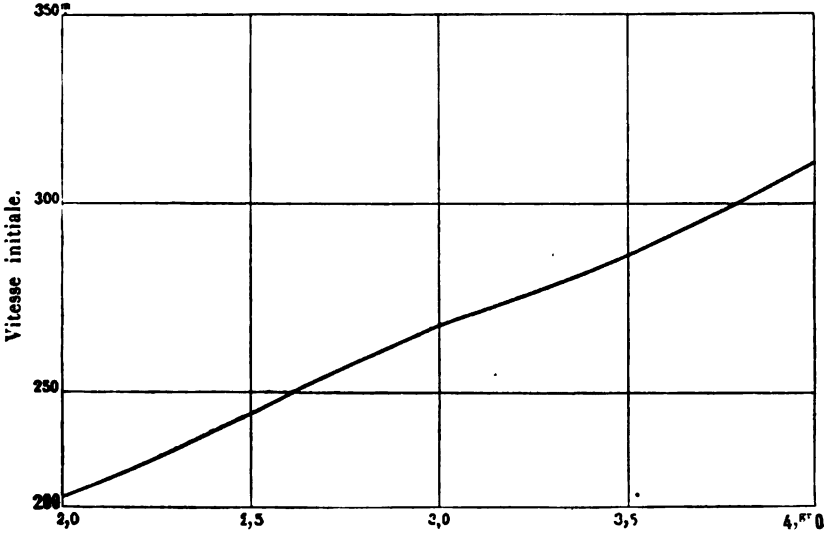
Le mouvement de rotation ne se conserve jusqu'à la bouche qu'à condition que les balles n'aient pas de forcement par excès de calibre dans les canons où on les tire.

La charge qui convient le mieux pour les cartouches rayées du calibre 16 est de $3^{gr},5$ de poudre forte n° 1. Avec des charges plus fortes, on a des coups anormaux.

Digitized by Google

Fig. 84.

GRAPHIQUE n° 38. — Vitesses initiales des cartouches à balle rayées du calibre 16, chargées en poudre forte n° 1.



Précision du tir des cartouches rayées tirées dans des fusils lisses.

PORTÉES.	ÉCARTS PROBABLES	
	verticaux.	horizontaux.
m	cm	cm
50	3,9	5,2
100	13,0	15,0
200	17,0	23,0
300	45,0	36,0

Les écarts des cartouches rayées sont, en somme, moitié moindres que ceux des cartouches à balle sphérique tirées dans les mêmes fusils.

Toutefois, les cartouches rayées ont l'inconvénient grave de se coller après les parois de la chambre et de ne pouvoir être extraites d'un fusil à bascule et à extracteur sans le secours d'un

Digitized by Google

crochet tire-cartouche, même après avoir été extraites partiellement par l'extracteur.

Leur adhérence aux parois de la chambre est trop grande pour que l'on puisse compléter l'extraction avec les doigts.

Tir à chevrotines. — Pour terminer ce qui est relatif aux fusils doubles lisses, nous nous occuperons du tir à chevrotines.

Le plomb le plus gros que l'on puisse obtenir par le procédé connu de fabrication du plomb de chasse est le plomb que nous avons désigné 00 et dont le grain pèse 0,8 à $0^{gr},9$.

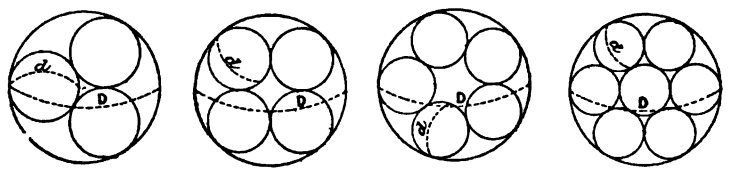
Les projectiles sphériques plus gros sont fabriqués, comme les balles, dans des moules à coquilles, et prennent le nom de *chevrotines* lorsque leur poids est compris entre 1 et 5^{gr}, et leur calibre entre 5,5 et 9^{mm}.

Les chevrotines doivent être choisies de façon à pouvoir se disposer exactement par lits ou par couches, et de telle sorte qu'un lit garnisse aussi complètement que possible la section intérieure de l'étui.

La *fig.* 85 indique les dispositions qui peuvent être adoptées, et le tableau donné ci-après indique le poids et le calibre d'une

Fig. 85.

Chargement avec des chevrotines



$d_3 = 0,464\,D$, $d_4 = 0,415\,D$, $d_5 = 0,368\,D$, $d_7 = \frac{D}{3}$.

$p_3 = 0,1\,P$, $p_4 = 0,0715\,P$, $p_5 = 0,0498\,P$, $p_7 = 0,0367\,P$.

chevrotine convenant aux fusils de chasse des divers calibres et se disposant par lits de 3, 4, 5 et 7.

De même que pour le plomb de chasse, le poids total des chevrotines doit égaler, autant que possible, le poids de la balle sphérique en plomb; toutefois, chaque lit doit être complet. On

Digitized by Google

trouvera en bas du tableau le nombre de chevrotines et de lits à mettre dans la cartouche.

Poids et diamètre des chevrotines des divers calibres.

CALIBRE DU FUSIL nominal.	en millimètres D.	POIDS de la balle sphérique P.	CHEVROTINES à 3 par lit.		CHEVROTINES à 4 par lit.		CHEVROTINES à 5 par lit.		CHEVROTINES à 7 par lit.	
			d_3.	p_3	d_4.	p_4.	d_5.	p_5.	d_7.	p_7
	mm	gr	mm	gr	mm	gr	mm	gr	mm	gr
8	21,6	60,0	10,0	6,0	9,0	4,29	8,0	2,99	7,2	2,20
10	19,8	46,2	9,2	4,6	8,2	3,30	7,3	2,30	6,6	1,70
12	18,6	38,8	8,6	3,9	7,7	2,77	6,8	1,93	6,2	1,42
16	17,1	29,7	7,9	3,0	7,1	2,12	6,3	1,48	5,7	1,09
20	15,9	23,9	7,4	2,4	6,6	1,72	5,8	1,19	5,3	0,88
24	15,0	20,1	7,0	2,0	6,2	1,44	5,5	1,00	5,0	0,74
Nombre de chevrotines à mettre dans la cartouche.....			9		12 à 16		20		28	
Nombre de lits.....			3		3 à 4		4		4	

Les charges de poudre à employer pour le tir des chevrotines doivent être les mêmes que pour le tir du plomb de chasse. En employant les charges que nous avons indiquées comme étant les plus convenables, on réalisera, avec les chevrotines comme avec le plomb, une vitesse initiale de 360^{m}.

Le graphique n° 39 indique les vitesses restantes aux différentes portées des chevrotines de 1 à 5^{gr}, tirées à la vitesse initiale de 360^{m}, et le graphique n° 40 donne la dispersion de ce genre de projectile, dispersion qui diffère peu de celle du gros plomb.

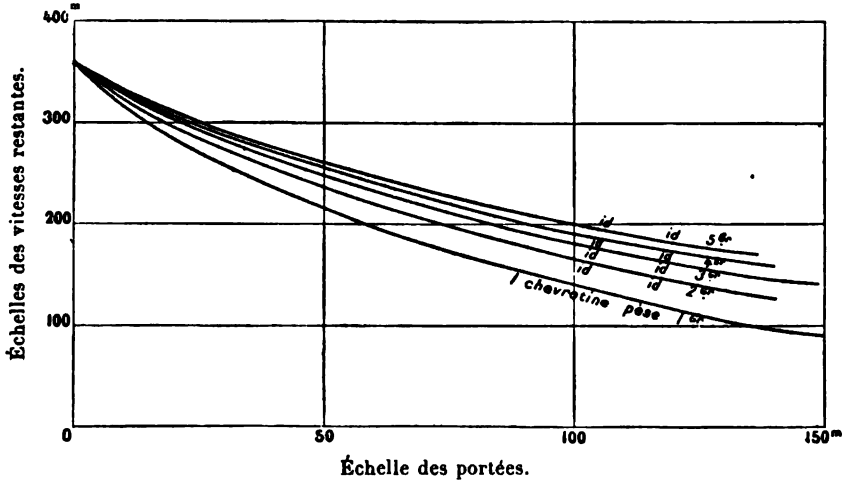
Nous manquons de renseignements précis pour apprécier la valeur meurtrière relative et moyenne d'une balle et de chevrotines produisant des blessures multiples. Nous estimons au sentiment qu'un animal qui reçoit le $\frac{1}{3}$ de la charge d'un coup de fusil chargé de chevrotines de grosseur telle qu'elles soient chargées à raison de 3 ou 4 par lit sera, *en moyenne,* plus grièvement blessé que s'il avait reçu une balle. Il faut remarquer, en effet, que, si une balle peut produire une blessure très grave, elle peut aussi n'en faire qu'une assez légère qui n'arrêtera pas l'animal. Un animal qui aura reçu 3 à 6 chevrotines animées d'une bonne vitesse est un animal destiné à mourir rapidement. Il ne sera

Digitized by Google

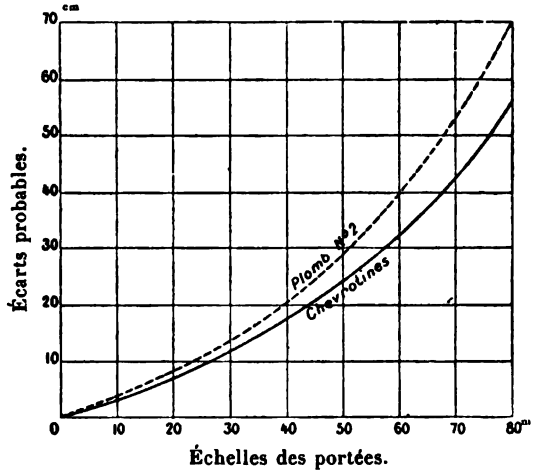
peut-être pas tué sur le coup, mais il sera généralement facile-

Fig. 86, 87.

GRAPHIQUE n° 39. — Vitesses restantes des chevrotines pesant l'une de 1 à 5gr et tirées à la vitesse de 360m.



GRAPHIQUE n° 40. — Dispersion des chevrotines tirées dans les canons choke-bored.



ment rattrapé par les chiens. Nous reviendrons du reste, plus loin, sur ce sujet.

Un animal offrant une surface vulnérable de 25 sur 35cm re-

Digitized by Google

cevra à 20^{m} les $\frac{8}{10}$ des chevrotines d'une cartouche tirée avec un canon choke-bored; à 35^{m}, il en recevra la moitié; à 50^{m}, il en recevra le $\frac{1}{3}$. On peut jusqu'à 50^{m} tirer avantageusement la chevrotine sur l'animal en question si celle-ci a, d'autre part, une vitesse suffisante pour produire des blessures sérieuses, fait que nous examinerons plus loin.

II. — Fusils doubles rayés.

Express rifle. — On trouve dans le commerce des fusils doubles rayés appelés également *express rifle*. Ces fusils sont généralement de fabrication anglaise.

Les plus répandus ont les calibres 11^{mm},25 et 12^{mm},25 (1). Voici les principaux éléments de ces armes mesurés sur 2 fusils de ce genre de chez Greener, que nous avons eus à notre disposition :

	Calibre 11^{mm},25.	Calibre 12^{mm},25.
Poids du fusil,.....	3^{kg},675	3^{kg},727
Longueur totale du canon.....	660^{mm}	660^{mm}
Capacité de l'étui à poudre.....	6^{cmq},8	8^{cmq},7
Calibre de la balle calepinée avant le tir.	11^{mm},55	12^{mm},7
Balle tirée. { Calibre sur les pleins...	11^{mm},19	12^{mm},47
Balle tirée. { » rayures.	11^{mm},32	12^{mm},70
Poids de la balle.....	17^{gr},8	22^{gr},2
Longueur de la balle.....	22^{mm},5	22^{mm},5
Nombre de rayures.....	6	6

Les balles sont calepinées; elles sont en plomb légèrement durci. Elles ont à l'avant un vide central qui occupe les $\frac{2}{3}$ de la longueur de la balle et qui est fermé par un petit tube de cuivre. Ce vide est destiné à favoriser l'épanouissement de la balle au moment du choc contre le but.

La balle du fusil calibre 11^{mm},25, tirée à la charge normale de 7^{gr} de poudre ordinaire n° 0, a une vitesse initiale de 545^{m}. 1^{gr} de variation dans le poids de la charge fait varier la vitesse de 58^{m}. La poudre ordinaire n° 1 donne, à charge égale, 10^{m} de vitesse de plus que la poudre ordinaire n° 0.

---

(1) Ces calibres sont parfois exprimés en millièmes de pouce anglais.

Le calibre 11^{mm},25 est alors dénommé calibre 450.
» 12^{mm},25 » 500.

Digitized by Google

Le fusil calibre $12^{mm},25$ donne 567^{m} de vitesse initiale à la charge normale de 9^{gr} de poudre ordinaire n° 0. 1^{gr} de variation dans le poids de la charge fait varier la vitesse de 42^{m}. La poudre ordinaire n° 1 donne, à charge égale, 12^{m} de vitesse de plus que la poudre ordinaire n° 0.

Voici les résultats obtenus avec ces fusils et des cartouches du commerce :

PORTÉE.	FUSIL CALIBRE $11^{mm},25$. Cartouches à $7^{gr},10$ de poudre ordinaire n° 1.					CALIBRE $12^{mm},25$. Cartouches à $8^{gr},50$ de poudre ordinaire n° 1.				
	Vitesse restante.	Flèche à demi-distance.	Durées de trajet.	Écart probable vertical.	Écart probable horizontal.	Vitesse restante.	Flèche à demi-distance.	Durées de trajet.	Écart probable vertical.	Écart probable horizontal.
m	m	cm	s	cm	cm	m	cm	s	cm	cm
0	583	»	»	0	0	567	»	»	0	0
50	512	»	»	2	3	498	»	»	2	3
100	449	4,9	0,20	4	6	437	4,4	0,21	4	5
150	395	»	»	6	10	384	»	»	6	8
200	350	25,4	0,45	9	13	341	29,2	0,49	8	11
300	297	80,6	0,81	14	19	292	86,1	0,84	12	17

	Pénétration dans :	Portée 50m.	Portée 100m.
		cm	cm
Fusil calibre $11^{mm},25$.	le sapin.....	»	14,0
	le chêne sec...	7,0	7,4
	le frêne vert...	7,0	»
Fusil calibre $12^{mm},25$.	le sapin.....	»	16,0
	le chêne sec...	»	7,0
	le frêne vert...	6,2	6,0

La précision de ces armes est inférieure à celle des bonnes armes de guerre, ce qui tient à la forme de leur balle et à leur vitesse. Il est en effet impossible de tirer avec précision, à des vitesses pareilles, des balles calepinées, surtout en plomb peu durci et avec de la poudre noire. L'emplombage est très fort au bout de 4 à 5 coups.

Les fusils doubles express rifle pourraient avoir un tir 2 fois plus précis avec des cartouches mieux comprises. En somme, dans leur état actuel, ces armes ne sont guère utilisables pour la

Digitized by Google

chasse au delà de 150^{m}. Pour des distances plus fortes, quantité de fusils de guerre leur seraient préférables.

III. — Carabine Colt à répétition.

Cette carabine, que l'on trouve dans le commerce, pèse 2^{kg},850. Le canon a 0^{m},52 de long, son calibre sur les pleins est de 10^{mm},7. La cartouche est chargée à 2^{gr},40 de poudre noire. La balle, longue de 16^{mm}, pèse 13^{gr},20; sa vitesse initiale est de 400^{m}.

Précision du tir.

PORTÉE.	ÉCARTS PROBABLES		RECTANGLES TOTAUX.	
	verticaux.	horizontaux.	Hauteurs.	Largeurs.
m	cm	cm	cm	cm
100	5,6	7,7	29	35
200	17,0	14,0	80	66
300	28,0	24,0	155	105
400	35,0	33,0	235	159
500	58,0	78,0	301	543

La précision et la tension de la carabine Colt sont très inférieures à celles des bonnes armes de guerre. C'est, en somme, une arme très médiocre, peu puissante et d'un fonctionnement peu assuré.

Fusils divers. — On emploie encore pour la chasse d'autres armes et, en particulier, des carabines Winchester; mais ces fusils sont de modèles trop variés pour que nous puissions en donner les éléments.

Au point de vue de la puissance et des effets, ils sont généralement intermédiaires entre la carabine Colt et les fusils express rifle.

Digitized by Google

CHAPITRE III.

CONDITIONS A REMPLIR PAR LES ARMES DE CHASSE DESTINÉES AU TIR A BALLE.

Les armes à employer pour la chasse à balle doivent satisfaire à peu près aux mêmes conditions que les armes de guerre. Les armes que l'on emploie généralement sont mal appropriées pour ce genre de tir et manquent des qualités nécessaires pour obtenir le maximum d'effet utile.

Dans ce qui suit nous allons indiquer les qualités que doivent posséder les armes suivant le genre de chasse auquel elles sont destinées, et signaler les armes actuellement existantes qui conviennent le mieux pour cet usage.

I. — Sûreté de fonctionnement.

La première et la plus indispensable des qualités que doivent posséder toutes les armes destinées au tir à balle est la sûreté de fonctionnement.

Il est quelquefois dangereux et toujours désagréable d'aller à la chasse des gros animaux avec un fusil qui rate, ou qui enraye, ou encore qu'on ne peut recharger rapidement faute de pouvoir extraire l'étui du coup précédent. A ce point de vue, la plupart des armes rayées et surtout des cartouches destinées à ces armes, que l'on trouve généralement dans le commerce, sont loin d'être satisfaisantes. Les armes à répétition que l'on trouve à acheter, les carabines Colt, les Winchester, etc., ont un fonctionnement des moins assurés; mieux vaut un bon fusil à simple charge, se chargeant par la culasse, que ces fusils à répétition qui enrayent fréquemment.

A condition de disposer les cartouches pour que la prise en soit facile, on aura plus de sûreté de fonctionnement et à peu près autant de rapidité de tir avec un bon fusil à simple charge et à verrou qu'avec les fusils à répétition susmentionnés. Les armes de guerre à répétition en service en France seraient d'un bon usage à la chasse pour un tireur habitué à leur maniement.

Digitized by Google

II. — Avantages comparatifs des fusils doubles et des fusils à répétition.

Le fusil double rayé est préférable au fusil à répétition et à canon unique pour les chasses sous bois. Après un premier coup tiré et qui n'aura pas abattu l'animal, le second coup sera parfois une précieuse ressource. Le seul fait de la détonation du deuxième coup, tiré à bout portant sur un animal qui fonce sur le chasseur, aura généralement pour effet de le détourner et pourra ainsi éviter au chasseur une atteinte. Avec un fusil à répétition, fréquemment, on n'aurait pas le temps de recharger et de tirer un second coup avant d'être atteint.

Pour le tir de chasse en terrain découvert, les fusils à simple canon doivent être préférés aux fusils doubles rayés comme ayant plus de justesse. Il est bon qu'ils soient à répétition. Le fusil mod. 1886 serait la meilleure des armes connues actuellement à employer pour ce genre de chasse.

III. — Puissance meurtrière des balles.

Nous avons déjà signalé, en parlant de la puissance meurtrière des plombs, les différences considérables que les différents êtres animés présentent dans la sensibilité aux blessures.

Il est inutile de nous préoccuper ici des animaux tels que le chevreuil, la gazelle, les gros oiseaux, etc., qu'une blessure relativement légère produite par un gros plomb suffit à arrêter; nous nous préoccuperons surtout, dans ce qui suit, des conditions que doit remplir le projectile avec lequel on doit attaquer les animaux parfois dangereux et durs à tuer, tels que le sanglier, les félins et les autres grands animaux sauvages.

Une balle qui traverse les parties molles d'un mammifère ne l'empêche ordinairement pas d'avoir la force de parcourir encore une certaine distance et d'être dangereux à l'occasion, à moins qu'elle n'ait traversé le cœur ou les gros vaisseaux avoisinants.

A toutes les vitesses auxquelles on les tire pratiquement, les balles peuvent être en plomb pur, en plomb durci, en plomb à enveloppe métallique, sans que les effets sur les parties molles soient bien différents. Toutefois on doit ajouter qu'une balle qui a une vitesse inférieure à 200^{m} peut toucher des artères, des nerfs,

Digitized by Google

sans les couper, et se borner à les froisser. A la chasse, on doit chercher à avoir toujours une vitesse au choc aussi forte que possible et d'au moins 350^{m}.

On obtient des effets meurtriers certains et très rapides en frappant avec des projectiles animés d'une grande force vive dans les masses osseuses du sommet de la tête, dans toute la colonne vertébrale, dans les os du bassin et de l'épaule.

Lorsqu'une balle à grande vitesse rencontre de gros os, elle les brise et se brise elle-même si elle est en plomb. Les éclats d'os et de balles pénètrent profondément dans les parties voisines, les désorganisent, et, si la force vive est très considérable, les débris d'os poussant les chairs devant eux peuvent être projetés à l'extérieur comme sous l'effet d'une explosion, en faisant des trous de sortie énormes.

Tout animal frappé dans ces conditions et dans les parties indiquées ci-dessus est arrêté sur le coup et meurt à bref délai. La nature et la forme de la balle sont sans influence sensible sur ces résultats qui ne dépendent à peu près exclusivement que de la force vive du projectile.

Pratiquement, il est même plus facile d'obtenir des effets puissants avec des fusils de très petit calibre (7 à 9^{mm}) qu'avec des fusils de gros calibre (15 à 20^{mm}), en raison de la vitesse plus grande que l'on peut communiquer au projectile du plus petit calibre sans avoir un recul exagéré. La force vive est, en effet, proportionnelle au carré de la vitesse, et elle est simplement proportionnelle au poids du projectile.

A toutes les vitesses auxquelles on les tire pratiquement, les balles, même en plomb pur, traversent les parties molles d'un animal sans se déformer notablement.

En frappant sur les os, les balles en plomb pur se déforment fortement, se fragmentent, se pulvérisent même et cela d'autant plus que la vitesse est plus forte et l'os plus résistant. Les balles en plomb durci se déforment moins, mais se fragmentent plus que les balles en plomb pur. Leur effet destructif est peu différent.

A vitesse égale, les balles à enveloppe métallique se déforment moins dans les chairs et sur les os minces que les balles entièrement en plomb. Elles se brisent en frappant à plus de 150^{m} de vitesse sur des os qui présentent la résistance des os longs de

Digitized by Google

l'homme. La rupture de l'enveloppe et du noyau est d'autant plus complète que la vitesse d'arrivée est plus forte et l'os plus résistant.

En somme, lorsque la vitesse d'arrivée est supérieure à $35o^m$, toutes les balles en plomb se comportent en frappant les os durs comme un véritable projectile explosif.

Nous avons fait de nombreuses expériences de pénétration sur diverses sortes d'animaux allant de la grosseur du moineau à celle du cheval. Il résulte de ces expériences que la pénétration dans les parties molles d'un animal est à peu près proportionnelle à la force vive par unité de surface.

Si l'on désigne par P le poids de l'animal en kilogrammes, par F la force vive de la balle en kilogrammètres (1), par S la section droite de la balle exprimée en centimètres carrés, on perce la peau et l'on pénètre un peu dans les parties molles, mais on n'entame pas les grands os, lorsque

$$\frac{F}{S} = \frac{P}{25}. \tag{1}$$

La quantité de force vive, définie par l'équation (1), représente donc le minimum de ce qui est nécessaire pour produire une plaie pénétrante sur des animaux ayant une peau d'une dureté moyenne. Cette force vive serait insuffisante pour percer la peau des animaux à peau exceptionnellement dure, tels que l'hippopotame, le rhinocéros, le crocodile. Avec une force vive moindre que $\frac{F}{S} = \frac{P}{25}$, on ne produit sur des animaux à peau moyenne que des plaies contuses sans aucune gravité.

L'effet sur les os est proportionnel à la force vive absolue.

On commence à entamer les os longs et quelquefois même à les fêler lorsque

$$F = \frac{P}{10}. \tag{2}$$

Toutefois, pour briser à peu près sûrement tous les os d'un animal, il faut que l'on ait au moins

$$F = \frac{P}{5}.$$

(1) En appelant p le poids des projectiles en kilogrammes, V la vitesse en mètres, g la gravité, on a

$$F = \frac{pV^2}{2g}.$$

Digitized by Google

On produit des désordres considérables dans les os et dans les parties avoisinantes, lorsque

$$F = P.$$

Les effets explosifs sont obtenus lorsque

$$F = 2{,}5P.$$

Il résulte de ce qui précède que, lorsqu'on veut tuer un animal, il faut autant que possible employer une arme telle que le nombre de kilogrammètres, qui mesure la force vive du projectile par unité de surface au moment du choc, soit pour le moins égal au $\frac{1}{5}$ du nombre de kilogrammes qui mesure le poids de l'animal.

Si l'on veut être dans de très bonnes conditions au point de vue du résultat cherché, il faut que ces deux nombres soient au moins égaux. Dans ce cas, en frappant dans les régions vitales, que nous avons indiquées, l'effet sera certain.

Le tableau ci-après donne les vitesses et les poids minimums des balles qui sont nécessaires pour produire soit des plaies pénétrantes simples dans les chairs, soit la rupture des grands os, sur les différents types d'animaux que l'on peut avoir à chasser ou contre lesquels on peut avoir à se défendre.

Un des animaux que nous avons choisi comme type n'est pas très répandu, mais le lecteur trouvera aisément une autre catégorie d'animaux beaucoup plus répandus et souvent plus dangereux à laquelle il pourra appliquer ces résultats.

Digitized by Google

Poids et vitesses minimums des projectiles de plomb pouvant percer la peau et produire des plaies pénétrantes dans les chairs.

$$\frac{F}{S} = \frac{P}{25}.$$

ANIMAUX TYPES.	PINSON.	PERDRIX.	LIÈVRE.	SANGLIER.	GORILLE.	CHEVAL.	ÉLÉPHANT
Poids de l'animal.	$0^{kg},065$.	$0^{kg},350$.	$3^{kg},500$.	25^{kg}.	65^{kg}.	350^{kg}.	3500^{kg}.
Vitesse de la balle au choc.	Poids des projectiles du calibre $11^{mm},27$.						
m	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
150	0,002	0,012	0,122	1,22	2,27	12,2	122
200	0,001	0,007	0,069	0,686	1,28	6,86	68,6
300	>0,001	0,003	0,031	0,305	0,567	3,05	30,5
400	»	0,002	0,017	0,172	0,319	1,72	17,2
500	»	0,001	0,011	0,110	0,204	1,10	11,0
600	»	>0,001	0,008	0,076	0,142	0,763	7,63
700	»	»	0,006	0,056	0,104	0,561	5,61

Le poids des projectiles de plomb des autres calibres se déduira du poids des projectiles du calibre $11^{mm},27$, en multipliant les poids portés dans le tableau ci-dessus par les coefficients ci-après :

Calibre.	Coefficients.
mm	
4,0	0,126
4,5	0,159
5,0	0,196
5,5	0,238
6,0	0,283
6,5	0,332
7,0	0,385
7,5	0,442
8,0	0,503
8,5	0,567
9,0	0,636
9,5	0,709
10	0,785
11	0,950
12	1,131
14	1,539
16	2,011
17	2,270
18	2,545

Digitized by Google

Poids et vitesses minimums des balles d'un calibre quelconque pouvant produire les effets indiqués ci-après :

ANIMAUX types	PINSON.	PERDRIX.	LIÈVRE.	SANGLIER.	GORILLE.	CHEVAL.	ÉLÉPHANT	BALEINE.
Poids de l'animal	$0^{kg},065$.	$0^{kg},350$.	$3^{kg},500$	35^{kg}.	65^{kg}.	350^{kg}.	3500^{kg}.	$100\,000^{kg}$.
Vitesse de la balle au choc.	Poids des balles commençant à entamer les os $F = \frac{P}{10}$.							
m	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
150	0,006	0,031	0,305	3,05	5,60	30,5	305	»
200	0,003	0,017	0,171	1,71	3,19	17,1	171	»
300	0,001	0,008	0,076	0,765	1,42	7,65	76,5	»
400	>0,001	0,006	0,057	0,428	0,80	4,28	42,8	»
500	»	0,003	0,027	0,274	0,51	2,74	27,4	»
600	»	0,002	0,019	0,191	0,35	1,91	19,1	»
700	»	0,001	0,014	0,140	0,26	1,40	14,0	»
	Poids des balles produisant généralement la fracture ou la perforation des os $F = \frac{P}{5}$.							
150	0,011	0,061	0,610	6,10	11,3	61,0	610	17400
200	0,006	0,034	0,343	3,43	6,38	34,3	343	980
300	0,003	0,025	0,153	1,53	2,83	15,3	153	437
400	0,002	0,009	0,086	0,856	1,59	8,56	85,6	245
500	>0,001	0,006	0,055	0,549	1,02	5,49	54,9	157
600		0,004	0,038	0,382	0,708	3,82	38,2	109
700		0,003	0,028	0,280	0,520	2,80	28,0	80
	Poids des balles produisant des fractures graves et assurées de tous les os $F = P$							
150	0,056	0,305	3,05	30,5	56,7	305	3050	87000
200	0,032	0,171	1,71	17,1	31,8	171	1710	49000
300	0,014	0,076	0,76	7,6	14,2	76	760	21700
400	0,011	0,057	0,57	5,7	10,6	57	570	16300
500	0,005	0,027	0,27	2,7	5,1	27	275	7850
600	0,004	0,019	0,19	1,9	3.5	19	191	5450
700	0,003	0,014	0,14	1,4	2,6	14	140	4000

Les tableaux qui précèdent peuvent servir de guide au fabricant qui désire créer un modèle d'armes de chasse et au chasseur qui veut acheter un fusil de chasse destiné à tirer à balle.

Le tableau ci-après donne la force vive à la portée de 25^{m} des

Digitized by Google

balles des différents types de fusils que l'on peut avoir à employer à la chasse.

FUSIL.	CALIBRE en millimètres.	BALLE. Poids.	Vitesse à 25m.	Force vive en kilogrammètres à 25m.
	mm	gr	m	km
Double de chasse calibre 32 à canon lisse ...	13,0	13,1	341	78
Id. 28 Id. ...	14,2	17,0	386	98
Id. 24 Id. ...	15,0	20,1	344	121
Id. 20 Id. ...	15,9	23,9	372	168
Id. 16 Id. ...	17,1	29,7	356	192
Id. 12 Id. ...	18,6	38,8	357	252
Id. 10 Id. ...	19,8	46,2	394	366
Id. 8 Id. ...	21,6	60,0	404	500
Id. 4 Id. ...	29,4	96,6	400	790
Carabine Colt à répétition	11,0	13,2	283	99
Express rifle calibre 11mm,25 (450)	11,25	17,7	540	263
Id. 12mm,50 (500)	12,5	22,1	530	317
Fusil mod. 1874	11,0	25,0	430	236
Fusil calibre 8mm,0.....	8,0	15,0	627	300
Revolver mod. 1873 et 1874.....	11,00	11,6	155	14

Le fusil calibre 32, qui est le moins puissant de ceux qui sont portés dans le tableau qui précède, est encore suffisant pour tuer les animaux sauvages que l'on trouve en France et que l'on chasse à balle (sanglier, loup, cerf). Quoi qu'il en soit, et lorsque les autres conditions à remplir le permettront, on devra toujours préférer l'arme dont la balle a la plus grande force vive.

Les fusils express calibre 11mm,25, le fusil mod. 1874, et les fusils doubles lisses calibre 12, permettent d'attaquer dans d'excellentes conditions des animaux pesant 250kg.

Le fusil express calibre 12mm,50, le fusil calibre 8mm et le fusil double lisse calibre 10 permettent d'attaquer dans de bonnes conditions des animaux de 300 à 350kg. Ils sont suffisants pour casser les membres d'animaux dont le poids ne dépasse pas 1200kg. Ils sont donc suffisants contre tous les animaux, excepté contre l'éléphant adulte dont le poids atteint 3000 à 4000kg.

Digitized by Google

Pour chasser ces derniers animaux, les chasseurs bien armés emploient les fusils doubles lisses calibre 8 et calibre 4. Avec des fusils tels que le fusil mod. 1874, on ne peut songer à abattre l'éléphant qu'en le criblant de balles. Une seule balle de ce fusil, ou d'armes ayant une puissance équivalente, ne produira ce résultat que tout à fait exceptionnellement.

Les revolvers, même celui de l'armée qui est plus puissant que la grande majorité des revolvers que l'on trouve dans le commerce, sont insuffisants pour arrêter sûrement un animal à la vie dure et pesant plus de 50^{kg}. On peut cribler un cheval de coups de revolver sans réussir toujours à l'abattre. La balle du revolver mod. 1873 ne produit aucune lésion notable sur les grands os de cet animal. Elle a juste la force nécessaire pour perforer ceux de l'homme.

Puissance meurtrière des chevrotines. — Le tableau ci-après donne les vitesses restantes que doivent avoir, au moment du choc, des chevrotines de différents poids pour pouvoir juste casser les gros os d'un sanglier du poids de 35^{kg}. Le même tableau donne la portée correspondant à cette vitesse restante, la vitesse initiale étant de 360^{m}.

Portées limites auxquelles on peut casser les os d'un sanglier avec des chevrotines.

POIDS des chevrotines.	VITESSE RESTANTE minimum nécessaire pour produire l'effet cherché.	PORTÉE correspondante.	OBSERVATION.
gr	m	m	Les chevrotines tirées dans ces conditions satisfont à la relation $F = \frac{35}{4.5}$.
1	391	0	
2	276	28	
3	226	64	
4	196	96	

Si l'on rapproche ces résultats de ceux que nous avons donnés précédemment, p. 138, on verra que, pour la chasse au sanglier, il y a avantage à charger les fusils calibre 16 avec des chevrotines

Digitized by Google

par lit de 3, les fusils calibre 12 avec des chevrotines par lit de 4. Dans ces conditions de chargement, on pourra tuer un sanglier avec des chevrotines jusqu'à 50 ou 60^{m}. En tirant la balle sphérique dans les mêmes fusils, on peut manquer l'animal au delà de 40^{m}, en raison du défaut de précision de la balle. Le tir à chevrotines, qui possède en outre l'avantage d'avoir le même réglage de tir que le petit plomb, doit donc être préféré au tir à balle lorsqu'on chasse le sanglier de taille moyenne ou des animaux du même poids avec un fusil lisse.

Force vive des plombs de chasse. — Nous donnons ci-dessous les forces vives des plombs de diverses grosseurs animés de différentes vitesses.

Force vive des plombs de chasse.

NUMÉRO des plombs.	0	2	4	6	8	10
POIDS DES GRAINS.	0^{gr},526	0^{gr},350	0^{gr},236	0^{gr},162	0^{gr},111	0^{gr},06
Vitesse.	*Force vive du plomb.*					
m	km	km	km	km	km	km
50	0,067	0,446	9,0301	0,0206	0,0142	0,00766
100	0,268	0,1785	0,1205	0,0826	0,566	0,0306
150	0,602	0,400	0,271	0,186	0,127	0,069
200	1,07	0,715	0,482	0,330	0,226	0,122
250	1,68	1,115	0,753	0,516	0,354	0,191
300	2,41	1,60	1,08	0,743	0,510	0,276
	Force vive par unité de surface $\frac{F}{S}$.					
50	0,43	0,372	0,325	0,287	0,248	0,20
100	1,72	1,49	4,30	1,15	0,99	0,80
150	3,86	3,35	2,96	2,60	2,22	1,80

Ce tableau complète les renseignements déjà donnés précédemment sur la puissance meurtrière des plombs de chasse.

Balles des fusils express. — On vend dans le commerce, pour le tir dans les fusils de chasse, dits *express rifle,* des balles qui

Digitized by Google

ont un vide central bouché avant le tir par une sorte de capsule de cuivre qui est vide (*fig.* 84). Lorsque ces balles frappent un obstacle, l'avant s'épanouit un peu plus facilement que ne le ferait

Fig. 84.

Coupe des balles express rifle avant le tir.

l'avant d'une balle pleine en plomb. Si on les tire dans du bois de sapin, la déformation est assez faible (*fig.* 85); dans du frêne ou du chêne, les balles tirées à grande vitesse se déforment plus complètement et prennent la forme d'un anneau, comme l'indique la *fig.* 86.

Fig. 85. Fig. 86.

Balles d'express rifle tirées

dans du bois de sapin. dans du bois de frêne.

Des balles entièrement tubulaires et sans capsule à l'avant prennent les mêmes formes dans les mêmes milieux. Toutefois ces diverses balles ne doivent prendre que très exceptionnellement la forme d'anneau lorsqu'elles frappent des corps animés. Le vide intérieur présente en somme peu d'avantages au point de vue meurtrier et il offre, d'autre part, l'inconvénient de nuire à la précision du tir en raison des imperfections inévitables de son centrage.

Balles à pointe d'acier. — Les balles à pointe d'acier n'ont pas une pénétration supérieure à celle des balles de plomb, même

Digitized by Google

en frappant des corps très durs. Ce fait tient à ce que, au moment du choc, le plomb glisse sur la pointe d'acier. La pointe et la balle agissent alors séparément en raison de leur masse et de leur dureté respectives.

Une balle de plomb, frappant à 400^{m} de vitesse, peut du reste percer toutes les carapaces d'animaux.

Balles explosives. — On trouve dans le commerce des balles explosives; les plus répandues sont les balles Pertuiset. Les balles explosives sont généralement d'assez fort calibre (17^{mm} environ). Avec un calibre de 8 à 11^{mm}, la charge intérieure serait trop faible pour produire un effet sérieux. Les balles explosives doivent être tirées dans des fusils rayés; elles peuvent encore être tirées dans les fusils lisses avec des cartouches rayées. Ces balles ne doivent pas être tirées à une très forte vitesse : elles pourraient alors éclater dans le canon. Leur tir est très peu régulier, et elles sont assez dangereuses à manier.

Elles ne font pas toujours explosion, en ne rencontrant que les parties molles ou les os minces d'un animal, et elles donnent encore de fréquents ratés en frappant des régions plus dures. Lorsqu'elles frappent les parties molles et y éclatent, leurs effets meurtriers sont très supérieurs à ceux des balles ordinaires. Sur des os durs elles ne font guère plus d'effet qu'un projectile plein en plomb du même poids, frappant avec une vitesse de 500^{m}. Elles sont en somme très peu recommandables.

IV. — Tension des trajectoires.

La tension des trajectoires est la qualité qui permet d'atteindre un but de hauteur limitée qui ne se trouve pas exactement à la distance appréciée.

Pour le tir sous bois et aux distances inférieures à 60^{m}, la tension de tous les fusils est suffisante. Pour le tir en terrain découvert, aux distances supérieures à 200^{m}, la tension de la trajectoire devient au contraire une des qualités primordiales d'une arme de chasse.

Les personnes les plus exercées à l'appréciation des distances font des erreurs d'appréciation de distance à vue qui, en moyenne,

Digitized by Google

sont de $\frac{1}{8}$ de la distance, quand elles ont une distance repère sous les yeux, et de $\frac{1}{5}$ de cette distance lorsque le terrain est inconnu. Les personnes moins exercées, et c'est de beaucoup le plus grand nombre, commettent des erreurs beaucoup plus fortes. Pour la grande majorité des chasseurs, les erreurs sur les distances estimées sont souvent supérieures à la valeur véritable de la distance.

Les tireurs les plus exercés à l'appréciation des distances feront donc sur un terrain de chasse des erreurs d'appréciation de distances qui, en moyenne, seront de 40^m à la distance de 200^m, et de 60^m à la distance de 300^m.

Nous allons chercher l'influence de ces erreurs sur la probabilité d'atteindre un gibier dont la partie vulnérable a une hauteur de 30^{cm}.

Supposons que l'on emploie successivement la carabine Colt, le fusil mod. 1874, les fusils express rifle et enfin un fusil calibre 8^{mm} dans les conditions de tir déjà définies page 149.

Dans le tableau ci-après on donne les erreurs que l'on pourra se permettre de commettre sur la distance et la probabilité d'atteindre, en supposant la précision du tir parfaite.

Portée.		Hauteur du but 30^{cm}. Erreur que l'on peut commettre sur la portée sans manquer le but.			Probabilité d'atteindre en estimant la distance à vue.
200^m	Erreur en plus	28^m	pour	la carabine Colt.....	29 p. 100
		34	»	le fusil mod. 1874.....	35 »
		40	»	le fusil express rifle V_0 583.	50 »
		65	»	le fusil calibre $8^{mm},0$.....	62 »
300^m	Erreur en plus ou en moins	15	»	la carabine Colt..	14 »
		26	»	le fusil mod. 1874..... ...	23 »
		23	»	le fusil express rifle V_0 583..	20 »
		48	»	le fusil calibre $8^{mm},0$.....	41 »

Par suite de la tension de la trajectoire, le fusil calibre $8^{mm},0$ donnera 3 fois plus de touchés à 300^m que la carabine Colt.

V. — Précision du tir.

La précision de la balle sphérique est insuffisante pour le tir de chasse au delà de 30^m.

Digitized by Google

La précision des armes rayées du commerce est généralement inférieure à celle des bonnes armes de guerre.

La précision des express rifle est à peu près égale à celle des fusils mod. 1874 jusqu'à 150^{m}, au delà elle est moindre. Cette précision n'est suffisante que jusqu'à la portée de 150^{m}.

La meilleure des armes à employer pour la chasse en terrain découvert serait le fusil mod. 1886.

VI. — Réglage du fusil.

Le réglage du fusil a à peu près autant d'influence sur les résultats du tir que la précision de l'arme. Il est en effet bien rarement possible de faire à la chasse des corrections de pointage pour tenir compte du réglage. Le réglage d'un fusil doit être exécuté par le tireur lui-même, car chaque tireur a une façon de viser qui lui est particulière, et un fusil réglé pour l'un ne le sera généralement pas pour l'autre, au moins en hauteur.

Le point moyen où un fusil double lisse porte à petite distance, en tirant des cartouches chargées normalement, est souvent fort différent suivant que l'on tire à plomb ou à balle. Le réglage du tir à balle de ces fusils est le plus souvent très défectueux et rend la probabilité d'atteindre très faible.

Un fusil express rifle, dont les deux canons portent au même point, est une chose extraordinairement rare.

Lorsqu'on possède un de ces fusils, on doit chercher à régler exactement la hausse pour le tir du canon droit et sacrifier le réglage du canon gauche. Le canon droit sera dès lors celui qu'on tirera généralement, le canon gauche ne sera qu'un en-cas pour la défense rapprochée.

Le tir des express rifle, que nous avons expérimentés, variait peu en hauteur et en direction avec le poids de la charge ou la vitesse du projectile.

Les armes de guerre du calibre 11^{mm}, en service en France, seraient d'excellentes armes de chasse si leur réglage, aux petites distances, était moins variable. Les fusils mod. 1886 sont dans des conditions excellentes pour la chasse à balle.

Lorsqu'on chasse avec des fusils de guerre, il est bon de les choisir parmi ceux dont le tir est exactement réglé en direction et

Digitized by Google

porte à peu près à hauteur du point visé, à la distance de 100^{m}, avec la hausse la plus faible de l'arme.

VII. — Poids de l'arme.

Le fusil destiné au tir à balle peut, sans inconvénient, être un peu plus lourd que celui qui est destiné au tir à plomb, car il est rare que, dans les chasses où l'on tire à balle, on doive rester prêt à tirer pendant un temps long et ininterrompu.

Un fusil à balle qui pèse plus de 4^{kg} n'est plus assez maniable comme arme de chasse sous bois. Pour la chasse en terrain découvert, la question de fatigue dans le transport limite seule le poids de l'arme qui peut alors atteindre celui des armes de guerre les plus lourdes, soit près de 5^{kg} pour les armes à répétition, magasin compris.

VIII. — Recul.

Plus le tir doit être précis, plus il importe que le recul soit modéré.

Pour les chasses en terrain découvert, où l'on tire de loin, le recul ne doit pas dépasser 2^{kgm},5. Ce recul est à peu près celui du fusil mod. 1874, que tout le monde connaît.

Pour la chasse sous bois et à petite distance, les chasseurs solides peuvent accepter des reculs de 5^{kgm}.

Pour la chasse des très gros animaux, où l'on tire très peu, on peut à la rigueur atteindre 7^{kgm}.

Lorsque le recul devient pénible à supporter et dépasse les limites que nous venons d'indiquer, le tireur prend l'appréhension du recul, il tire mal et obtient finalement moins de résultats qu'il n'en aurait eu avec un fusil dont le recul aurait été moins pénible.

Le tableau ci-après donne la force vive du recul des armes dont il a été question dans ce qui précède.

Digitized by Google

MODÈLE DE FUSIL.	POIDS. Fusil P.	Poudre ϖ.	Balle avec bourre p_1.	V_0.	VITESSE du recul v.	FORCE VIVE du recul $\frac{Pv^2}{2g}$.
	kg	gr	gr	m	m	kgm
Fusil mod. 1874	4,260	5,25	25,6	445	3,51	2,67
Mousqueton mod. 1874	3,270	5,25	25,6	422	4,39	3,22
Fusil chasse double calibre 32	2,0	3,2	14,7	406	3,95	1,59
Id. 28	2,1	3,8	18,8	394	4,59	2,26
Id. 24	2,1	4,5	22,1	398	5,23	3,07
Id. 20	2,4	5,9	26,0	422	6,14	4,60
Id. 16	3,05	6,5	32,2	401	5,53	4,76
Id. 12	3,25	7,9	41,5	397	6,51	7,03
Id. 10	4,00	10,9	49,2	430	7,05	10,1
Id. 8	5,90	14	63,5	434	6,22	11,6
Id. 4	9,0	22	98	410	6,07	16,9
Fusil calibre 16 avec 2 balles sphériques	3,05	5	62	275	6,26	6,1
Express rifle calibre 11mm,25	3,70	7	18,4	570	4,56	3,90
Id. 12mm,50	3,75	9	22,5	560	5,51	5,81
Fusil de chasse calibre 8mm,0	4,2	2,8	15,2	645	3,02	1,91

Le recul des fusils calibre 8 (21mm,2) cause une véritable douleur et rend impossible le tir ajusté. Le poids des fusils calibre 4 et leur recul en font une arme dangereuse à tirer. En tirant verticalement ce fusil vers le bas, le tireur, qu'on suppose peser 65kg, serait entièrement soulevé, par le recul du fusil, à 23cm au-dessus du sol. Un choc pareil est fort dangereux, il peut casser la clavicule (1).

Le recul des fusils express calibre 12mm,5 est déjà pénible à supporter. Celui des fusils calibre 11mm,25 est très supportable pour un tireur solide et exercé. Si l'on compare les résultats du tableau ci-dessus à celui des forces vives de la balle, on verra que

(1) Voici, pensons-nous, quels pourraient être les éléments d'un fusil destiné à chasser l'éléphant :

Poids de la balle 24gr,5; poids de poudre BF ou similaire 6gr,5; vitesse initiale 825m; vitesse restante à 25m, 800m; force vive de la balle à 25m, 800kgm.

Poids du fusil 6kg; calibre 10mm,2; longueur de la balle de plomb à enveloppe métallique 31mm ou 3 calibres; vitesse du recul 4m,65; force vive du recul 6kgm,6. Un pareil fusil serait plus puissant que les fusils calibre 4, et il aurait sur ces derniers l'avantage d'être plus maniable et d'avoir un recul supportable.

Digitized by Google

ce sont les armes des calibres 8 à 11^{mm} qui permettent de réaliser la meilleure solution de lancer des projectiles puissants avec un recul supportable.

IX. — Choix d'un fusil destiné au tir à balle.

Les armes qui conviennent le mieux pour la chasse à balle des animaux autres que l'éléphant sont celles qui tirent des cartouches ayant des éléments semblables à ceux des cartouches de guerre actuellement en service en France.

Pour la chasse sous bois, le fusil double rayé et chambré pour ces cartouches devrait être préféré.

Pour la chasse en terrain découvert, un fusil à répétition du calibre 8 à 11^{mm} serait la meilleure des armes à employer.

Camp de Châlons, 1er mai 1890.

Digitized by Google

NOTE

SUR LA

FABRICATION DES POUDRES DE MINE

AUX NITRATES D'AMMONIAQUE ET DE SOUDE

A LA POUDRERIE NATIONALE D'ESQUERDES;

PAR

M. CHARTRON,

Sous-ingénieur des poudres et salpêtres.

L'installation, à la poudrerie d'Esquerdes, de la fabrication des poudres de mine aux nitrates d'ammoniaque et de soude, date de 1889.

La composition normale de ces poudres est la suivante :

1° Poudre de mine au nitrate d'ammoniaque :

Nitrate d'ammoniaque	87,4
Dinitronaphtaline	12,6
Total	100,0

2° Poudre de mine au nitrate de soude :

Nitrate de soude	80
Mononitronaphtaline	20
Total	100

D'après les indications qui nous ont été fournies sur les procédés employés dans l'usine de Vilvorde, en Belgique, où l'on a commencé à fabriquer ces produits, les opérations ne devaient

Digitized by Google

comprendre que le séchage des matières premières, la formation des mélanges par des meules chauffées, le grenage et l'emballage.

Nous avons d'abord conduit le travail d'après ces renseignements, mais nous n'avons pas tardé à reconnaître qu'avec des meules suspendues et chauffées à 40° comme les nôtres, la trituration de matières sèches et non fusibles à cette température ne pouvait avoir lieu; les meules glissaient, quel que fût le poids de la charge, sans opérer aucune trituration ni aucun mélange.

Il a fallu procéder à des arrosages et en conséquence sécher ultérieurement les produits obtenus, ce qui était dans tous les cas nécessaire, car ces produits, très hygrométriques, absorbent une assez forte proportion d'humidité avant la fin des opérations auxquelles ils doivent être soumis.

Comme conséquence, le séchage préalable des matières premières a été supprimé et finalement le mode d'opérer adopté a été le suivant :

1° Emploi des matières premières sans séchage préalable pour les charges des meules;

2° Trituration aux meules légères à piste chauffée pendant une heure sans arrosage;

3° Essorage des matières pendant vingt-quatre heures, concassage à la main, grenage à la tonne-grenoir à la perce de $2^{mm},5$, tamisage à la main à la perce de $0^{mm},55$;

4° Séchage du grain dans une étuve chauffée;

5° Emballage dans des récipients cylindriques en zinc étanches, mis eux-mêmes dans des barils de 50^{kg} ordinaires.

Meules. — Les meules sont de même diamètre et de même largeur que les meules lourdes ordinaires, à la place desquelles elles ont été montées dans d'anciennes usines, en utilisant tous les mécanismes, les grattoirs, les repoussoirs et les appareils de suspension. Elles portent six bras qui relient le moyeu à la jante et elles pèsent 1300^{kg} environ.

La pierre de support du bassin des anciennes meules a été enlevée et remplacée par un massif en maçonnerie de briques dans lequel on a ménagé un logement pour deux rangs de tuyaux à ailettes rectangulaires, superposés, formant un circuit carré. On peut ainsi chauffer le bassin sur lequel on étend la matière soumise à

Digitized by Google

l'action des meules. Ce chauffage, qui peut avoir de l'intérêt pour des poudres à base de mononitronaphtaline ou tout autre composé fusible et ramollissable à basse température, au-dessous de 40°, ne présente aucun avantage pour les fabrications actuelles à base de dinitro ou de trinitronaphtaline à point de fusion élevé. Il paraîtrait suffisant de chauffer l'usine, au moyen de tuyaux de vapeur disposés sur le périmètre au pied des murailles.

La charge au dosage voulu est de 35^{kg}; la trituration dure une heure, chargement et déchargement compris; on ne fait pas de galetage; les poussiers sont repassés 30^{m}. Au début, les grattoirs avaient été remplacés par des brosses en tiges de plumes; mais, pour des matières adhérentes à la meule comme des hydrocarbures à point de fusion peu élevé, l'encrassement, la déformation et l'usure de ces brosses a été très rapide et leur fonctionnement mauvais. On a dû remonter les anciens grattoirs en bronze qui nous donnent complète satisfaction.

Le travail de la matière sous les meules est d'ailleurs assez variable avec la nature des composants des nouvelles poudres. Il est d'autant meilleur que la charge contient moins de corps fusible à basse température. L'enlèvement des galettes et produits de la trituration est également favorisé par cette circonstance.

Concassage. — Les matières des meules essorées pendant 24 heures sont concassées à la main et vont de là à la tonne-grenoir.

Notons ici que l'on doit chauffer l'atelier de concassage, ainsi d'ailleurs que tous les autres bâtiments affectés à cette fabrication.

Grenoir. — La tonne-grenoir est une tonne ordinaire avec toile de $2^{mm},5$. A la vitesse de trente tours, elle débite facilement, en travail de dix heures, 1000^{kg} environ de matières. Les poussiers sont séparés du grain par un tamisage à bras sur des tamis à la perce de $0^{mm},55$. Le rendement est de 40 à 50 pour 100.

Séchage. — Le séchoir est installé dans une ancienne usine à meules. Des étagères reçoivent des cadres dont le pourtour en bois supporte un fond de verre; ces cadres ont $0^{m},60$ sur $0^{m},50$ et peuvent contenir de 5^{kg} à 7^{kg} de matière. Une circulation de vapeur dans une double rangée de tuyaux à ailettes disposés au-dessous

Digitized by Google

des étagères permet d'atteindre de 60° à 70°; mais on règle la température vers 40° et, au bout de sept à huit heures, les matières sont ramenées à l'humidité de 0,20 à 0,40 pour 100.

Enfonçage. — En sortant du séchoir, la poudre est pesée et mise dans des récipients cylindriques en zinc, ayant $0^m,35$ de diamètre et $0^m,55$ de hauteur. Ces dimensions sont déterminées de manière qu'ils puissent rentrer dans les barils de 50. Une ouverture carrée de $0^m,14$ de côté est pratiquée dans l'un des fonds du récipient et une plaque de zinc vient la recouvrir après le remplissage. La soudure en est effectuée à l'alliage Darcet au moyen d'un fer creux à circulation de vapeur. On procède ensuite à l'embarillage des récipients en zinc dans l'atelier d'enfonçage des poudres noires.

Produits obtenus. — Qu'il s'agisse de poudres au nitrate de soude ou au nitrate d'ammoniaque, dont la composition a été donnée plus haut, ou de poudres analogues à composition variable faites à titre d'échantillon, la fabrication a toujours été la même. Nous noterons cependant que l'emploi des poudres au nitrate de soude ne paraît pas avoir pris jusqu'à présent beaucoup d'extension. Par contre, la consommation de la poudre au nitrate d'ammoniaque, qui est actuellement de 500^{kg} par semaine, semble se développer très régulièrement.

Pour la fabrication de cette dernière poudre, les matières premières ont été tout d'abord demandées au commerce directement. En dernier lieu, le nitrate d'ammoniaque nous a été fourni par la raffinerie de Lille, et nous avons fabriqué nous-mêmes à la poudrerie la dinitronaphtaline.

Quelle qu'ait été la provenance des matières premières, les poudres fabriquées n'ont pas sensiblement différé les unes des autres. Le produit obtenu est toujours une matière d'un blanc jaune, très hygrométrique, brûlant difficilement à l'air libre. Les moyennes des qualités physiques des différents envois, qui ne varient pas beaucoup de l'un à l'autre, sont les suivantes :

Densité gravimétrique	0,650
Densité réelle	1,400
Grains au gramme	1,200
Humidité	0,30

Digitized by Google

La poudre au nitrate de soude présenterait les qualités suivantes :

Densité gravimétrique	0,950
Densité réelle	1,900
Grains au gramme	1200
Humidité	0,30

mais les fabrications de cette dernière poudre n'ont pas été assez importantes pour que l'on puisse donner ces derniers chiffres autrement qu'à titre de première indication.

Toutes ces poudres ne sont pas susceptibles d'emploi dans les mines ou carrières sous la forme dans laquelle elles sont livrées par la poudrerie; elles doivent être mises en cartouches comprimées, munies d'un détonateur approprié. La préparation de ces cartouches a été faite jusqu'ici exclusivement par la Société des poudres de sûreté dans son usine de Saint-Denis.

Esquerdes, le 30 octobre 1890.

Digitized by Google

NOTE

SUR

LA FABRICATION, LES PROPRIÉTÉS ET LE MODE D'EMPLOI

DES

CARTOUCHES COMPRIMÉES

AU COTON-POUDRE ET AU NITRATE D'AMMONIAQUE;

PAR

M. BRUNEAU,

Sous-ingénieur des poudres et salpêtres.

Conformément aux conclusions d'un rapport de la Commission des substances explosives, en date du 5 juillet 1888, la poudrerie de Sevran-Livry a été chargée d'étudier la fabrication des cartouches comprimées à base de coton-poudre et de nitrate d'ammoniaque, ainsi que l'emploi de ces explosifs dans les mines.

A la suite de ces études et sur la demande de M. le ministre des travaux publics, on décida de livrer aux industries minières deux espèces de cartouche : l'une désignée sous le nom d'explosif n° 1, contient 9,5 pour 100 de coton-poudre et 90,5 pour 100 de nitrate d'ammoniaque; l'autre, le n° 2, 20 pour 100 de coton-poudre et 80 pour 100 de nitrate d'ammoniaque.

Ces compositions satisfont aux conditions indiquées par la circulaire du 1er août 1890 de M. le ministre des travaux publics, pour les explosifs à employer dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses; l'explosif n° 1 est destiné aux travaux dans la couche, et le n° 2 doit être réservé pour les travaux aux rochers.

Digitized by Google

Un décret du 12 juin 1890 a fixé comme il suit les prix de vente de ces deux explosifs :

	Entrepôts.	Débits.
Explosif n° 1.....	$2^{fr},85$	$3^{fr},15$
Explosif n° 2.....	$3^{fr},10$	$3^{fr},40$

I. — Fabrication.

Matières premières. — Les matières premières sont le coton-poudre, dégageant de 170 à 180^{cc} de bioxyde d'azote par gramme, et le nitrate d'ammoniaque cristallisé.

Le coton-poudre est employé tel qu'on le reçoit, c'est-à-dire à l'humidité de 30 à 35 pour 100. Le nitrate d'ammoniaque renferme 1,50 à 2,50 pour 100 d'eau; il est broyé aux meules légères (1) et tamisé à la perce de 2^{mm}.

Dosage, trituration. — Après avoir déterminé le taux d'humidité du coton-poudre et du nitrate d'ammoniaque, on les pèse de manière à former des charges de 10^{kg}, contenant en poids sec :

Pour le n° 1 :	Pour le n° 2 :
90,5 pour 100 d'azotate d'ammoniaque.	80 pour 100 d'azotate d'ammoniaque.
9,5 pour 100 de coton-poudre.	20 pour 100 de coton-poudre.

Ces charges sont additionnées d'eau de façon à obtenir une proportion d'humidité de 7 à 7,5 pour 100 avec la matière n° 1, et 15 pour 100 avec la matière n° 2.

La trituration par les meules légères, qui dure trois quarts d'heure, chargement et déchargement compris, est terminée par une compression obtenue en faisant mouvoir lentement les meules à la main.

Grenage. — La matière provenant des meules est soumise à un premier grenage sur des tamis en peau à la perce de 12^{mm}; elle est ensuite séchée pendant vingt-quatre heures consécutives; durant ce séchage, elle se prend en mottes; on la concasse alors en

(1) Les meules légères employées à Sevran ont un diamètre de $0^{m},75$, pèsent environ 500^{kg} chacune et tournent à la vitesse de 10 tours par minute.

Digitized by Google

la faisant passer entre deux cylindres en bois, puis on tamise aux perces de 3^{mm} et de $0^{mm},65$.

La matière formée des grains compris entre ces deux perces est séchée de nouveau pendant 6 à 7 heures, puis conservée dans un endroit sec jusqu'au moment de son emploi à la presse.

Le poussier séparé par le tamisage à $0^{mm},65$ est recueilli; repassé aux meules à l'état sec pendant 5 minutes, il est de nouveau surégalisé à la perce de $0^{mm},65$; il possède alors une densité gravimétrique de 0,530 à 0,570 pour le n° 1, de 0,440 à 0,470 pour le n° 2. Ce poussier est employé comme détonateur pulvérulent dans la confection des cartouches.

Compression. — Les grains compris entre $0^{mm},65$ et 3^{mm} ont, en moyenne, les qualités physiques suivantes :

	Matière n° 1.	Matière n° 2.
Densité réelle.....	1,520	1,425
Densité gravimétrique..	0,520 à 0,540	0,435 à 0,460

Ces grains sont comprimés sous forme de cylindres de 30^{mm} ou 25^{mm} de diamètre, percés d'un trou central légèrement conique, au moyen de presses mues mécaniquement; ces cylindres sont groupés de manière à constituer des cartouches de 50^{gr} ou de 100^{gr}.

Sur la demande de quelques directeurs de houillères, on fabrique également des cartouches de 25^{gr} qui doivent servir comme appoint dans le chargement des trous. Ces cartouches sont obtenues en dédoublant celles de 50^{gr}.

Encartouchage. — On roule les cylindres qui doivent constituer la cartouche dans une feuille de papier dite *papier phormium*, découpée à l'avance et portant le numéro de la poudre, avec l'indication du dosage.

Le bord extérieur du rectangle de papier est préalablement recouvert de colle, ce qui permet de fixer immédiatement l'enveloppe. On ferme de suite l'une des extrémités de la cartouche en repliant le papier, et cette extrémité est alors plongée dans un bain de paraffine fondue; puis on frotte légèrement cette extrémité sur la table pour obtenir une fermeture étanche.

Digitized by Google

La matière pulvérulente est introduite dans le vide central par petites quantités que l'on tasse en frappant légèrement la cartouche sur la table; la seconde extrémité de l'enveloppe est alors fermée, puis paraffinée.

Enfin, on plonge la cartouche successivement par les deux bouts dans un bain de paraffine, de manière à enduire toute la surface. Cette opération terminée, on s'assure par une pesée que chaque cartouche renferme bien le poids indiqué de matière explosive.

Les cartouches ainsi obtenues sont enfermées dans une seconde enveloppe, en papier parchemin, collée suivant une génératrice et portant, comme la précédente, le numéro de la poudre avec l'indication du dosage. Ce papier, plus résistant que le précédent, dont les longueurs, repliées à chacune des extrémités de la cartouche, sont également plus grandes, permet, au moment de l'emploi, de fixer la cartouche par une ligature sur la mèche munie du détonateur que l'on a fait pénétrer dans la matière pulvérulente; mais il est utile dans le chargement de ne laisser cette deuxième enveloppe qu'à la cartouche portant l'amorce.

Emballage. — Les cartouches sont disposées dans une caisse en zinc, placée elle-même dans une caisse en bois; le couvercle de la caisse en zinc est soudé à l'alliage Darcet.

Digitized by Google

Tableau indiquant les dimensions des cartouches, poids, etc., et les contenances des caisses.

MATIÈRE.	N° 1.					N° 2.				
Poids des cartouches..... gr.	100	50	25	50	25	100	50	25	50	25
Diamètres extérieurs des cylindres comprimés.....	30mm			25mm		30mm			25mm	
Hauteurs des cylindres..... mm.	53	39,5	39,5	65	65	53	39,5	39,5	60	60
Diamètre du trou central..... mm.	13	13	13	10,5	10,5	13	13	13	10,5	10,5
Poids..... gr.	28	21,5	21,5	20,5	20,5	28	21,5	21,5	21	21
Cartouches. Nombre de cylindres par cartouches.....	3	2	1	2	1	3	2	1	2	1
Cartouches. Longueur totale..... mm.	160	80	40	130	65	160	80	40	120	60
Cartouches. Diamètre extérieur, enveloppe comprise..... mm.	31	31	31	26	26	31	31	31	26	26
Poids par cartouche de matière comprimée.. gr.	84	43	21,5	41	20,5	84	43	21,5	42	21
Poids par cartouche de matière pulvérulente. gr.	16	7	3,5	9	4,5	16	7	3,5	8	4
Densités moyennes calculées des cylindres de la cartouche.	0,92	0,95	0,95	0,78	0,78	0,92	0,95	0,95	0,86	0,86
Densités moyennes calculées de la cartouche, y compris la matière pulvérulente.....	0,89	0,89	0,89	0,78	0,78	0,89	0,89	0,89	0,85	0,85
Contenance des caisses. 14kg.....	98	84	»	»	»	98	84	»	»	»
	98	64	40	»	»	98	64	40	»	»
12kg.....	»	»	»	240	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	220	40	»	»	»	»	»
13kg.....	»	»	»	»	»	»	»	»	260	»
	»	»	»	»	»	»	»	»	240	40

II. — Propriétés.

Dans leur enveloppe paraffinée, les cartouches peuvent être conservées très longtemps; mais, si l'enveloppe est détériorée, l'azotate d'ammoniaque absorbe l'humidité atmosphérique, la cartouche se ramollit et devient insensible à l'amorce.

Sensibilité au choc et à la chaleur. — Les explosifs n°s 1 et 2,

Digitized by Google

placés sur une enclume, ne détonent sous le choc du marteau qu'à la condition d'être étendus en couche mince; la détonation est faible; elle se produit seulement au point frappé et ne se transmet pas aux particules environnantes.

Les cartouches nos 1 et 2 peuvent être traversées avec un fer porté au rouge, sans donner lieu à une inflammation; l'azotate fond, le coton se carbonise, mais la fusion et la combustion sont limitées aux points touchés avec le fer.

Si l'on fait agir une flamme sur une cartouche de l'explosif n° 1, la matière se boursoufle, noircit, mais ne brûle pas; dans ces mêmes conditions, l'explosif n° 2 s'enflamme et brûle avec une lenteur extrême, en laissant un faible résidu.

Sensibilité à l'amorce. — Les cartouches comprimées à 9,5 pour 100 de coton-poudre ne détonent que sous l'influence d'une amorce à 1gr,5 de fulminate de mercure; mais avec les cartouches comprimées de l'explosif n° 2, à 20 pour 100 de coton-poudre, la détonation est obtenue, même sans bourrage, avec des amorces à 1gr de fuminate; les amorces à 0gr,75 provoquent encore la détonation de l'explosif n° 2 dans les mêmes conditions, mais d'une façon moins certaine.

Puissance. — En prenant comme terme de comparaison la dynamite à la gühr, à 75 pour 100 de nitroglycérine, qui est d'un usage courant dans les travaux industriels, l'explosif n° 1 possède une force qui est égale aux 0,75 de celle de la dynamite; la force de l'explosif n° 2 est égale aux 0,88 de celle de la dynamite.

L'explosif n° 1 convient pour le travail au charbon; le n° 2 doit être réservé pour le travail au rocher.

III. — Mode d'emploi.

Les cartouches comprimées au coton-poudre et à l'azotate d'ammoniaque ne produisent tout leur effet que sous un fort bourrage; elles doivent être introduites dans le trou de mine avec les mêmes précautions que la dynamite, bien que leur maniement, quand elles ne sont pas munies d'une amorce, soit moins dangereux que celui de la poudre noire.

Digitized by Google

Les cartouches qui composent une même charge doivent être tassées les unes contre les autres, de manière à augmenter autant que possible la densité de chargement; la dernière seule reçoit l'amorce fulminante, qui est placée suivant l'axe dans la matière pulvérulente.

Sevran-Livry, 1er mai 1891.

Digitized by Google

RECHERCHES

EXPÉRIMENTALES

SUR LA DIFFUSION;

PAR

M. L. JOULIN,

Ingenieur en chef des poudres et salpêtres.

INTRODUCTION.

L'absorption des gaz par les corps poreux dans l'état de saturation, en fonction du temps, de la température et de la pression, intéresse l'étude du mécanisme de la respiration dans les deux règnes. Sur ce point de la physique moléculaire, les expériences de de Saussure sur les condensations de différents gaz par le charbon de bois à la température et à la pression ordinaires sont presque les seules à citer. J'ai déterminé les absorptions soit de gaz isolés, soit de mélanges gazeux, pour des pressions variant de quelques centimètres de mercure à 4^{atm} et des températures comprises entre — 20° et + 250°.

Les échanges entre les gaz condensés et des atmosphères limitées n'avaient point été étudiés jusqu'ici; on trouvera plus loin les résultats obtenus.

D'après Dalton et Henry, « le poids des gaz dissous à saturation est proportionnel à la pression qu'exercent les gaz non dissous; lorsque plusieurs gaz se trouvent en présence d'un même liquide, chacun d'eux est absorbé comme s'il était seul ».

Quant à la variation de l'absorption avec la température, on

Digitized by Google

savait seulement qu'elle diminue quand la température augmente. Mes expériences, bien que peu nombreuses, semblent montrer que l'absorption des gaz par les liquides suit les mêmes lois que l'occlusion par les corps poreux.

Les principales expériences connues jusqu'ici sur l'osmose des gaz étaient celles de Graham sur l'hydrogène et l'acide carbonique séparés par un diaphragme de baudruche, de Matteucci sur l'oxygène et l'acide carbonique séparés par une membrane animale fraîche; enfin la célèbre expérience de Prietsley sur l'artérialisation du sang veineux renfermé dans une membrane exposée à l'air. J'ajoute à ces faits acquis un certain nombre d'observations nouvelles se rapportant à l'étude de la respiration.

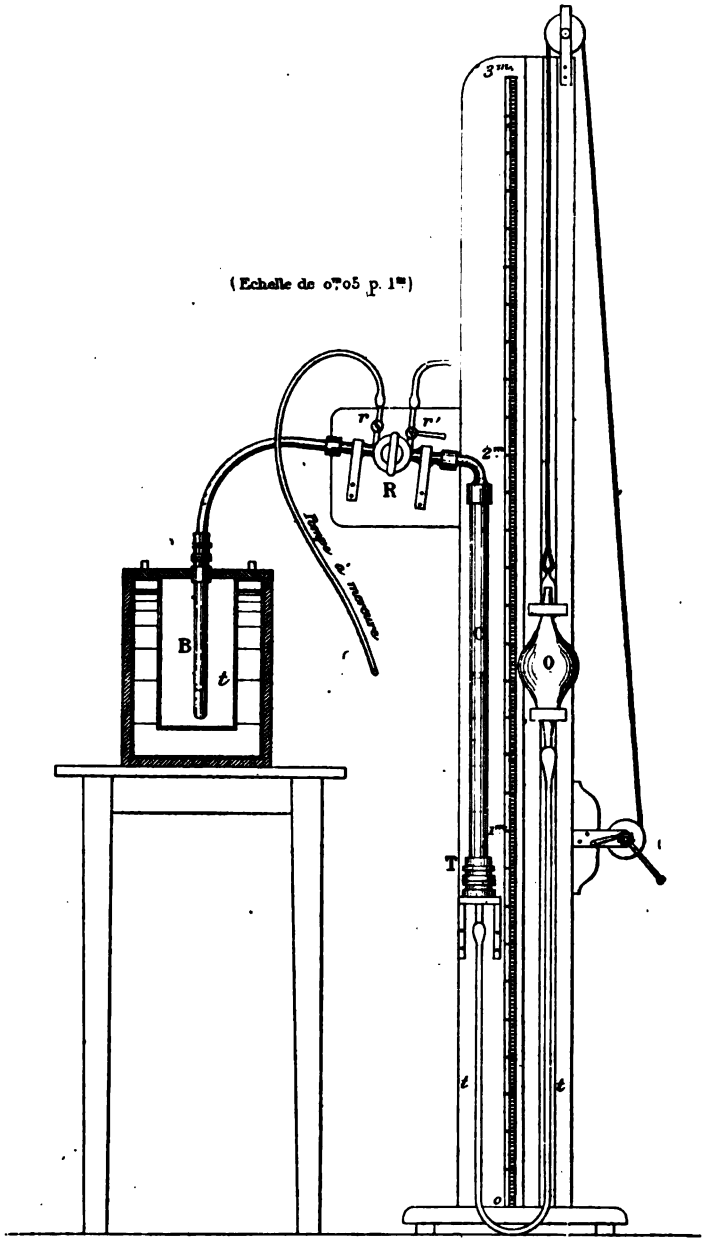
Méthode employée. — L'appareil représenté par la figure ci-après se compose d'un réservoir manométrique C, en relation avec un récipient B, tube ou ballon, où l'on place le corps à étudier. Le réservoir comprend une cloche divisée en verre, coiffée d'une calotte en fonte avec robinet C, et mastiquée à sa partie inférieure dans une douille en fer taraudée T, qui se visse sur un ajutage de même métal; cet ajutage est relié par un tube en caoutchouc avec un œuf en verre O, servant, comme dans la pompe Alvergniat, à faire varier la pression. Tous les tubes de communication sont en plomb, l'expérience ayant montré que le caoutchouc, quelle que soit son épaisseur, laisse passer les gaz. Pour la condensation d'un seul gaz, le robinet R a $0^m,002$ à $0^m,005$ d'ouverture seulement. Pour celle des mélanges gazeux ou les échanges de gaz condensés avec une atmosphère limitée, le robinet et les tubes de communication ont une ouverture de $0^m,01$, indispensable pour le mélange rapide des diverses parties de la masse gazeuse. Le robinet r fait communiquer le récipient avec la pompe à mercure; le robinet r' la cloche manométrique avec les gazomètres.

La pression a varié de quelques centimètres de mercure à 4^{atm}; la température de $-20°$ à $+250°$, en plongeant successivement les récipients dans des mélanges réfrigérants ou des bains d'huile à température constante.

Toutes les parties de l'appareil ont été jaugées au mercure ou mesurées géométriquement; la cloche est divisée de $0^m,02$ en

Digitized by Google

Fig. 1.



Digitized by Google

$0^{m},02$; des thermomètres convenablement disposés donnent la température des différentes portions de la masse gazeuse. Les niveaux dans la cloche et l'œuf sont relevés au viseur. L'analyse des gaz se fait sur 20^{cc} à 30^{cc} environ, avec l'appareil Doyère : l'acide carbonique est absorbé par la potasse, l'oxygène par le pyrogallate de potasse; l'hydrogène est déterminé par détonation et l'azote par différence.

Pour l'absorption d'un seul gaz, on mesure les volumes avant l'ouverture de la communication et lorsque le niveau du mercure est devenu stationnaire; pour les mélanges gazeux ou les échanges, on détermine le volume et la composition au bout de différents temps, jusqu'au moment où ils ne varient plus. Les volumes de toutes les masses gazeuses sont ramenés à l'état sec, s'il y a lieu, et à 0° et 760^{mm}.

§ I.

CORPS POREUX.

La plupart des expériences ont été faites avec le charbon de bois. Un morceau de charbon est-il homogène? Deux morceaux sont-ils comparables? Quelle confiance accorder à ce charbon qui retient toujours du gaz, à quelque température qu'on l'ait élevé? Comment tenir compte de la faculté qu'il possède de s'unir à l'oxygène à une température inférieure à celle qu'on admet généralement? Ces difficultés pouvaient arrêter. D'un autre côté, le charbon est facile à préparer; les coefficients d'absorption des gaz par ce corps sont considérables, et des expériences préliminaires ont montré que deux morceaux de charbon préparés dans les mêmes conditions ont sensiblement le même pouvoir absorbant et que plusieurs condensations successives n'altèrent pas notablement la valeur de ce pouvoir absorbant.

Le charbon dont nous nous sommes servi provenait d'une espèce de nerprun (*Rhamnus frangula*), distillé en vase clos vers 300°, passé au feu de forge, séché au rouge sombre, et épuisé de gaz par le vide vers 250° dans le récipient même de l'appareil. Quelques expériences ont porté sur la mousse et le noir de platine : dans les conditions de température et de pression réalisées,

Digitized by Google

les absorptions ont été très faibles et les résultats contradictoires ; nous ne les rapporterons pas ici.

I. — Absorption d'un gaz sec.

On a opéré sur l'acide carbonique, l'oxygène, l'azote, l'hydrogène et l'ammoniaque.

La saturation, à une température et une pression données, est sensiblement la même, que le charbon ait été épuisé de gaz ou préalablement saturé dans d'autres conditions : ce qui permet d'abréger les expériences en faisant croître ou décroître successivement la température et la pression, sans ramener le charbon à l'épuisement initial.

Le Tableau I donne les quantités de gaz absorbées par un morceau de charbon de 4^{gr} pour des températures qui ont varié de $-17°$ à $+250°$ et des pressions de 60^{mm} à 2500^{mm} de mercure. L'énoncé des résultats peut être simplifié si l'on considère les quantités de gaz condensées pour une même température à différentes pressions et pour une même pression à différentes températures.

Azote. — 1° A une même température, la quantité pondérale condensée est sensiblement proportionnelle à la pression. Toutefois, les droites isothermes semblent ne pas passer par l'origine et s'en éloigner un peu quand la température augmente. Quant au coefficient angulaire de ces droites, il varie en sens inverse de la température, moins rapidement qu'elle.

2° Les lignes isobares constituent une série de courbes à convexité tournée vers l'origine, asymptotes à l'axe des températures.

3° Le temps nécessaire pour la saturation entre deux points de l'échelle des pressions, toujours assez court, de cinq à vingt-cinq minutes, augmente avec la quantité de gaz condensée.

Oxygène. — Les expériences n'ont pas été poussées au delà de 50° ; elles ont donné lieu aux mêmes observations que pour l'azote, si ce n'est que les coefficients angulaires des droites isothermes sont plus grands.

Digitized by Google

Hydrogène. — Une seule série d'expériences, à 0°, pour des pressions successivement croissantes. Le coefficient angulaire de la droite isotherme est notablement moindre que pour les deux gaz précédents.

Acide carbonique. — 1° A une même température, la quantité pondérale condensée augmente d'abord beaucoup plus vite que la pression et d'autant plus que la température est plus basse. Pour des températures croissant de — 17° à + 250°, les lignes isothermes affectent la forme de paraboles, à paramètre de plus en plus petit, dont les sommets iraient en s'éloignant de l'origine, mais très peu à mesure que la température augmente. A partir d'une valeur de la pression d'autant plus élevée que la température est plus basse, l'accroissement de la quantité condensée est sensiblement proportionnel à celui de la pression, c'est-à-dire que la fonction devient linéaire. Le coefficient angulaire des droites faisant suite aux courbes semble augmenter un peu quand la température diminue.

2° Les courbes isobares ont la forme hyperbolique déjà observée pour l'azote, mais bien plus accentuée ici; les centres des hyperboles vont en s'élevant sur l'axe des pressions à mesure que la température augmente.

3° Le temps nécessaire pour la saturation, notablement plus grand que pour l'azote et l'oxygène, a varié de quinze minutes à deux heures trente minutes et va en augmentant avec la quantité de gaz condensée. A une pression et une température données, la marche de l'absorption vers l'état de saturation est représentée par une fonction logarithmique du temps.

Ammoniaque. — Deux séries d'expériences seulement : à 0°, pression croissant de 60^{mm} à 2200^{mm} de mercure; à 760^{mm}, température croissant de 0° à 200°. La condensation ayant atteint 1200^{cc} pour 0° et 2200^{mm}, une partie du gaz était liquéfiée. Les deux courbes sont analogues à celle de l'acide carbonique.

Ces observations peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Dans toute la portion de l'échelle des pressions parcourue pour les gaz difficilement liquéfiables, à partir d'une certaine valeur seulement de la pression pour les gaz facilement liquéfiables, l'accroissement de la quantité de gaz condensée est proportionnel à l'accroissement de la pression pour une même température, et

Digitized by Google

le rapport ne varie pas beaucoup pour les différents gaz étudiés. Pour les gaz difficilement liquéfiables, il y a presque proportionnalité des quantités absorbées aux pressions, c'est-à-dire que ces gaz se condensent dans le charbon de la même manière qu'ils se dissolvent dans un liquide (loi de Dalton).

2° Pour les gaz difficilement liquéfiables pour lesquels la courbe isobare s'écarte peu d'une ligne droite, si l'on suppose que le volume des cavités des corps poreux ne change pas dans les limites de température réalisées, les variations des quantités de gaz condensées sous une même pression sont liées aux variations de température par une sorte de binôme analogue à celui de la dilatation. Il en est de même pour les gaz facilement liquéfiables dans la portion de la courbe qui s'écarte peu d'une ligne droite : pour l'acide carbonique, par exemple, le coefficient du binôme serait les deux tiers de celui de la dilatation des gaz.

II. — Absorption d'un mélange gazeux.

On a opéré sur l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, l'acide carbonique, mélangés deux à deux, trois à trois, dans les proportions déjà employées dans les recherches sur la respiration. L'oxygène pouvant se combiner avec le mercure, on s'est assuré que la correction serait très faible pour la durée ordinaire des expériences.

Air ordinaire. — De 800^{mm} à 1800^{mm} de pression, les quantités condensées à saturation sont sensiblement proportionnelles aux pressions pour une même température (voir tableau II). La condensation de l'air est beaucoup plus lente que celle des composants ; enfin la compensation des gaz condensés n'est pas celle du mélange primitif, ainsi que le montrent les chiffres suivants. La composition pour 100 des gaz condensés en vingt-quatre heures par $12^{gr},70$ de charbon à 0° et 760^{mm} ont été : oxygène, $32^{cc},42$; azote, $67^{cc},68$.

$\frac{9}{10}$ *oxygène* + $\frac{1}{10}$ *acide carbonique.* — Les résultats (voir tableau II) font ressortir l'absorption plus grande du gaz qui, seul, eût été le plus condensé, et la lenteur de la saturation par les mélanges gazeux.

$\frac{9}{10}$ *air atmosphérique* + $\frac{1}{10}$ *acide carbonique.* — Mêmes observations que précédemment (voir tableau II).

Digitized by Google

$\frac{9}{10}$ *azote* + $\frac{1}{10}$ *acide carbonique.* — La saturation n'est pas terminée après cent quarante-trois heures, mais touche manifestement à sa fin; tandis que l'azote condensé atteint rapidement son maximum, l'acide carbonique s'obtient d'une manière continue pendant toute la durée de l'opération; si l'on rapproche les résultats observés au bout de cent quarante-trois heures des chiffres trouvés plus haut pour la condensation de chacun des gaz du mélange à différentes pressions, on voit que les quantités pondérales de chaque gaz, formant l'atmosphère intérieure du charbon, ne s'écartent pas beaucoup de celles qui auraient été condensées par le même charbon si ce gaz avait été seul avec la pression qu'il a dans l'atmosphère extérieure finale.

$\frac{1}{2}$ *acide carbonique* + $\frac{1}{2}$ *hydrogène.* — Dans une première expérience, on a suivi pendant cent trente heures les variations de composition et de volume d'un mélange de gaz formé à l'origine des parties égales d'hydrogène et d'acide carbonique; dans une deuxième, la saturation étant établie à 0° et 760^{mm}, on a fait passer la pression successivement à 400° et 1654^{mm}. Les résultats se résument ainsi (voir tableau II) : 1° la saturation est très lente; 2° en la supposant atteinte après les cent trente heures, les quantités de chacun des gaz formant l'atmosphère intérieure se rapprochent de ce qu'elles seraient si le gaz était seul avec la pression qu'il a dans le mélange.

En résumé, à ne considérer que l'état de saturation, ces observations montrent : 1° que le temps de la saturation pour un mélange gazeux est beaucoup plus long que pour chacun des gaz formant le mélange; 2° que chacun des gaz se comporte comme s'il était seul à la pression qu'il a dans l'atmosphère extérieure finale; 3° que le rapprochement des résultats donnés par les mélanges d'acide carbonique et d'hydrogène, d'acide carbonique et d'azote, réserve faite des proportions différentes des deux gaz dans chaque mélange, ferait ressortir une influence de la nature du deuxième gaz sur la rapidité de l'absorption du premier dans les deux mélanges différents.

III. — Échanges entre des gaz condensés et une atmosphère limitée.

Un fait important s'est dégagé des premières expériences : c'est

Digitized by Google

que l'équilibre entre les gaz des atmosphères intérieure et extérieure au charbon est le même que celui qui répond à la condensation par le charbon épuisé d'un mélange gazeux formé de la totalité des gaz intérieurs et extérieurs. Voici deux expériences à l'appui de cette proposition. 1° Condensation d'un mélange de : CO^2, 55,81; H, 44,19; après quatre-vingt-une heures, l'atmosphère extérieure a pour composition pour 100 : CO^2, 38,36; H, 61,44. L'atmosphère intérieure est de $306^{cc},20$, renfermant : CO^2, $284^{cc},36$; H, $23^{cc},56$. 2° Du charbon ayant condensé de l'hydrogène est mis en contact d'une atmosphère de composition telle qu'avec l'hydrogène condensé elle forme à peu près la composition de l'atmosphère primitive de l'expérience précédente; après soixante-douze heures, la composition de l'atmosphère extérieure est de : CO^2, 40,54; H, 59,36. L'atmosphère intérieure se compose de $295^{cc},50$, comprenant : CO^2, $268^{cc},20$; H, $27^{cc},30$, chiffres qui diffèrent peu de ceux de la première observation.

L'expérience vérifie du reste que l'équilibre résultant des échanges est le même, quel que soit celui des deux gaz qui ait été primitivement condensé. Le Tableau III renferme les résultats des échanges entre différents gaz condensés : H, CO^2, $Az + CO^2$, air ordinaire $+ CO^2$, et des atmosphères limitées : $\frac{3}{5}CO^2 + \frac{2}{5}H$, $\frac{1}{2}CO^2 + \frac{1}{2}H$, air ordinaire, à la température de 0° et à la pression de 760^{mm}. Tous ces résultats peuvent être considérés comme venant à l'appui de la proposition que nous avons énoncée.

En résumé, on croit pouvoir conclure de ces premières observations : 1° que les échanges entre les atmosphères extérieure et intérieure d'un corps poreux donnent lieu au même équilibre que la condensation d'un mélange formé de tous les gaz tant intérieurs qu'extérieurs; cet énoncé n'est autre chose que la loi de Dalton sur la dissolution des mélanges gazeux; 2° que ces échanges se font lentement, comme l'absorption des mélanges gazeux.

IV. — Mélanges de gaz et de vapeur.

La vapeur d'eau mouillant un gaz n'a qu'une très faible influence sur son absorption par le charbon; il n'en est pas de même de la vapeur d'éther : l'absorption de CO^2 mouillé de cette vapeur a été la moitié seulement de ce qu'elle est avec le gaz sec.

Digitized by Google

L'influence, sur les échanges entre des gaz secs occlus et une atmosphère limitée également sèche, de l'introduction de vapeurs de différents liquides restant continuellement saturées ressort des expériences suivantes, faites à la température et à la pression ordinaires : de l'eau et de l'alcool ont été introduits dans des cloches renfermant 300^{cc} ($\frac{1}{2}CO^2 + \frac{1}{2}$ air ordinaire), dont les échanges avec les gaz atmosphériques condensés par 4^{gr} de charbon avaient commencé depuis deux heures; les équilibres qui tendaient à s'établir ont été entièrement troublés; l'absorption de CO^2 s'est immédiatement arrêtée, et, après cent vingt heures, la condensation de ce gaz était, pour l'eau la moitié de celle produite au moment de l'introduction du liquide, pour l'alcool le cinquième seulement de cette quantité.

§ II.

CORPS POREUX IMBIBÉS DE DIFFÉRENTS LIQUIDES.

Le charbon était imbibé à refus par ébullition prolongée dans le liquide que l'on voulait étudier. Naturellement, il était difficile d'atteindre des états parfaitement comparables pour les différents morceaux en expérieuce.

Charbon imbibé d'eau. — La condensation de Az et de O a été un peu plus faible qu'avec le charbon sec; à 0° et 760^{mm}, 4^{gr} de charbon ont absorbé : O, 88^{cc} au lieu de 130^{cc}; Az, 42^{cc} au lieu de 47^{cc}; l'absorption du CO^2 n'a été que moitié, $131^{cc},60$ au lieu de 220^{cc}. La variation avec la pression des quantités absorbées à une même température est la même qu'avec les charbons secs. Comme exemple de l'absorption d'un mélange gazeux par un charbon imbibé, nous citerons l'expérience suivante, faite sur l'air atmosphérique à la température et à la pression ordinaires : volume primitif, $133^{cc},99$; volume final, $45^{cc},97$. La différence, $88^{cc},02$, représente la quantité absorbée après douze heures, composée de : O, 18^{cc}; Az, 70^{cc}.

Charbon imbibé d'alcool absolu. — 4^{gr} de charbon imbibé ont absorbé, à 0° et aux pressions 450^{mm}, 760^{mm}, 1840^{mm}, des quantités de CO^2 moitié moindres que le charbon sec : 213^{cc} à 1840^{mm}, 106^{cc} à 760^{mm}, 87^{cc} à 450^{mm}.

Digitized by Google

Charbon imbibé d'éther. — A 0° et 760^{mm}, le même morceau de charbon, d'abord sec, puis imbibé à refus, a condensé dans le second cas le cinquième seulement de la quantité de CO^2 absorbée dans le premier : 41^{cc} au lieu de 212^{cc}.

Charbon imbibé de sulfure de carbone. — A 0° et 760^{mm}, absorption de 45^{cc} seulement de CO^2.

Ces résultats se résument ainsi : 1° pour une même température, les pressions croissant de 300^{mm} à 1800^{mm}, les variations des absorptions sont les mêmes qu'avec les charbons secs. 2° Les quantités absorbées sont un peu moindres pour les gaz difficilement liquéfiables Az et O, notablement diminuées pour le CO^2 : un peu moins de moitié avec l'eau et l'alcool, un cinquième seulement avec l'éther et le sulfure de carbone.

On a observé aussi les échanges entre des charbons imbibés d'eau et saturés d'air atmosphérique, et une atmosphère limitée, composée de parties égales d'air atmosphérique et de CO^2 : il y a eu absorption notable de CO^2, très faible de O et sortie de Az.

§ III.

LIQUIDES.

La dissolution de l'acide carbonique dans l'eau a été seule étudiée jusqu'ici. Le liquide, récemment bouilli, était placé dans le ballon et épuisé par le vide pendant plusieurs heures; on ouvrait la communication avec le réservoir manométrique, et l'on attendait le moment où le niveau du mercure était stationnaire.

Influence de la pression. — 75^{cc} d'eau à + 1° ont absorbé : à 348^{mm}, 60^{cc},25; à 765^{mm}, 155^{cc},86; à 1715^{mm}, 328^{cc},58.

Influence de la température. — A 760^{mm}, 200^{cc} d'eau ont absorbé : à 0°, 252^{cc},94; à 20°, 179^{cc},67; à 50°, 66^{cc},50. Dans ces limites, les variations des quantités absorbées sont sensiblement proportionnelles aux variations de température.

Le temps nécessaire pour la saturation a été de douze heures pour chacune des expériences citées; il est encore plus long que pour les corps poreux.

Digitized by Google

§ IV.

FLUIDES SÉPARÉS PAR UNE MEMBRANE.

Les membranes étaient en caoutchouc. Des gaz, des liquides tenant ou non des gaz en dissolution, sont renfermés dans des sacs de caoutchouc très mince et placés dans des atmosphères gazeuses ou liquides; on observe les absorptions et les échanges au bout de différents temps. Presque toutes les expériences ont été faites à la température et à la pression ordinaires.

I. — Atmosphère gazeuse.

A. *Corps occlus : gaz.*

1. Un sac renfermant 105^{cc} CO^2 + 20^{cc} O + 80^{cc} Az est exposé au soleil et continuellement arrosé; après une heure, la composition de l'atmosphère intérieure s'est modifiée de la manière suivante : CO^2, $-49^{cc},55$; O, $+1^{cc},38$; Az, $+6^{cc},03$.

2. Trois sacs remplis de la même quantité d'air ordinaire, placés pendant douze heures sous des cloches renfermant des mélanges en différentes proportions d'air et de CO^2, $\frac{5}{6}+\frac{1}{6}$, $\frac{1}{2}+\frac{1}{2}$, $\frac{1}{6}+\frac{5}{6}$, ont absorbé 9^{cc}, 44^{cc}, 56^{cc} de CO^2, quantités qui ne sont pas proportionnelles à la pression de ce gaz dans le mélange. O et Az ont participé aux échanges, mais très faiblement.

B. *Corps occlus : liquide.*

1. 150^{cc} d'eau récemment bouillie, placés dans un sac de caoutchouc, ont absorbé les quantités suivantes de CO^2 : température 0°; pression $448^{mm},50$, $134^{cc},48$; pression $745^{mm},60$, $242^{cc},40$; pression $1497^{mm},40$, $345^{cc},04$; pression 760^{mm}, température 0°, $242^{cc},30$; température 27°, $116^{cc},94$; température 40°, $55^{cc},84$.

Il résulte de cette expérience que la dissolution des gaz par les liquides renfermés dans des membranes se fait, comme quantité, de la même manière que par les liquides à surface libre; mais le temps nécessaire pour la saturation est encore plus long.

2. Avec une solution concentrée d'hydrosulfite de soude, qui

Digitized by Google

se combine avec l'oxygène de l'atmosphère, l'absorption de ce gaz n'était pas encore complète au bout de douze jours.

3. A 17° et 760^{mm}, l'absorption de CO^2 par 30^{gr} de charbon imbibé à refus et recouvert d'une membrane de caoutchouc a été très ralentie : 112^{cc},05 après seize heures, 150^{cc},96 après soixante-quatre heures; 185^{cc},82 après cent quatre-vingts heures.

C. *Corps occlus : liquide tenant des gaz en dissolution.*

1. Deux sacs en caoutchouc contenant 70^{cc} d'eau de Seltz, placés pendant deux heures sous des cloches renfermant 350^{cc} d'air ordinaire, l'une au soleil, l'autre à l'obscurité, ont fait éprouver à ces atmosphères les modifications suivantes : au soleil : CO^2, + 66^{cc},86; O, — 7^{cc},58; Az, — 22^{cc},60. A l'obscurité : CO^2, + 34^{cc},44; O, — 6^{cc},26; Az, — 6^{cc},21. Ces chiffres montrent l'influence de la température sur les échanges.

2. Trois sacs renfermant de l'alcool carbonaté à refus ont été mis à la lumière diffuse et à l'obscurité, dans des atmosphères de O, Az, air atmosphérique, à la température et à la pression ordinaires. Les gaz de l'atmosphère extérieure sont entrés dans le sac en même temps que du CO^2 en est sorti; ce dernier gaz s'est réabsorbé en partie sous l'influence du refroidissement nocturne.

II. — Atmosphère liquide tenant des gaz en dissolution et gaz occlus dans une membrane.

1. Un sac de caoutchouc renfermant 100^{cc} d'air atmosphérique est immergé dans de l'eau de Seltz; au bout de vingt-quatre heures, le volume de gaz renfermé dans le sac est de 487^{cc}, et l'analyse révèle les modifications suivantes de l'atmosphère intérieure : CO^2, + 364^{cc},52; O, — 150^{c},02; Az, — 43^{cc},95.

Avec des sacs de même capacité, inégalement remplis d'air, les échanges ont été, en quatre-vingt-seize heures : 1° Sac rempli à l'origine de 202^{cc} air ordinaire : CO^2, + 234^{cc},68; O, — 11^{cc},69; Az, 0^{cc},00. 2° Sac rempli à l'origine de 18^{cc} air ordinaire : CO^2, + 54^{cc},44; O, — 0^{cc},00; Az, — 3^{cc},12. L'expérience de Graham sur la vessie humide se trouve réalisée ici avec le caoutchouc, qui n'est pas mouillé par l'eau.

Digitized by Google

2. Dans une autre expérience, le sac renfermait à l'origine 100^{cc} CO^2 : il en contient 414^{cc} après quarante-huit heures d'immersion dans l'eau de Seltz.

3. Un sac renfermant 193^{cc}, CO^2 est placé dans une dissolution de HS : en douze heures, tout le CO^2 est parti, et il est entré quelques centimètres cubes de HS.

4. Mentionnons enfin l'accélération, sous l'influence de l'échauffement solaire, de la sortie des gaz atmosphériques condensés par du charbon que l'on immerge dans de l'eau carbonatée.

§ V.

CONCLUSIONS.

En résumé, pour les gaz difficilement liquéfiables, la première loi de Dalton relative aux quantités pondérales de gaz absorbées à l'état de saturation, en fonction de la pression du gaz extérieur, s'applique aux corps poreux comme aux liquides. Pour les gaz facilement liquéfiables, les variations des quantités condensées par les corps poreux sont proportionnelles aux variations de pression à partir d'une certaine valeur de la pression; il y aura à rechercher si les augmentations du rapport en question pour les faibles pressions ne se retrouvent pas avec les liquides et ce que devient ce rapport pour des pressions supérieures à celles qui ont été réalisées.

La relation entre les quantités absorbées à une pression donnée pour des températures successivement croissantes est exprimée, pour les corps poreux, par une fonction hyperbolique ou logarithmique, qui peut être considérée comme linéaire sur une portion de l'échelle des températures étudiées. Sur cette portion, les quantités absorbées à une même pression sont liées aux températures par un binôme analogue à celui de la dilatation. Les expériences peu nombreuses faites sur l'eau donnent cependant à penser que la loi est applicable aux liquides.

Ainsi, les corps poreux et les liquides se trouveraient soumis aux mêmes lois pour l'absorption des gaz à saturation en fonction de

Digitized by Google

la température et de la pression. Les cavités des corps poreux et les interstices des molécules liquides fonctionneraient comme des vases clos munis de soupapes s'ouvrant tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, et permettant l'entrée ou la sortie de gaz nécessaire pour que la quantité condensée ou dissoute à une pression et à une température données satisfasse aux relations trouvées. Ces relations sont intimement liées avec les lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

Mariotte avait déjà reconnu que le temps nécessaire pour la saturation par les liquides augmente avec la quantité pondérale de gaz condensés; nous avons trouvé la même relation pour l'absorption des gaz par les corps poreux.

Pour les gaz difficilement liquéfiables, la deuxième loi trouvée par Dalton avec les liquides s'applique aux corps poreux : *chaque gaz du mélange est absorbé comme s'il était seul.* Quant au temps nécessaire pour la saturation, il est beaucoup plus long que pour chacun des gaz constituant le mélange.

La loi trouvée pour les échanges entre des gaz condensés par des corps poreux et des atmosphères limitées est une conséquence de la précédente : *L'équilibre qui tend à s'établir répond à la condensation, par le corps épuisé de gaz, d'un mélange gazeux formé des atmosphères intérieure et extérieure.* Les analogies déjà signalées permettent de penser que cette loi existe aussi pour les liquides. Le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre, inégal pour les différents gaz du mélange, est encore plus long que pour l'absorption des mélanges gazeux.

Les corps poreux imbibés de liquides conservent une partie de leur pouvoir absorbant, qui varie avec la pression et la température suivant les lois indiquées plus haut. Le temps nécessaire pour la saturation et les échanges est très augmenté.

Pour les liquides renfermés dans des membranes, les absorptions sont les mêmes, mais beaucoup plus lentes que pour les liquides à surface libre; les échanges entre des atmosphères limitées et des gaz dissous semblent se faire suivant les lois trouvées pour les corps poreux et très lentement.

Digitized by Google

TABLEAU I. — *Absorption de gaz secs par le charbon* (4ᵉʳ),
(Les quantités de gaz absorbées sont

GAZ.	TEMPÉRATURE.	PRESSION DU GAZ.	QUANTITÉS DE GAZ absorbées.	TEMPÉRATURE.	PRESSION DU GAZ.	QUANTITÉS DE GAZ absorbées.	TEMPÉRATURE.	PRESSION DU GAZ.
	°	mm	cc	°	mm	cc	°	mm
CO^2. . .	— 11	66,20	94,17	— 12	93,40	125,09	— 13	153,40
	0	81,20	72,66	0	126,20	99,66	0	230
	+ 19	98,80	47,37	+ 18	156,60	82,23	+ 18	283,40
	+ 52,5	113,70	25,02	+ 50	206,70	46,38	+ 50	428,20
	+102	126,80	6,95	+100	245,80	21,99	+103	456,80
	+251	139,50	0	+253	266	0	+253	501
Az. . . .	— 16,5	120,50	8,80	— 17	231,30	20,48	— 17	431,20
	0	125	5,29	0	246,50	14,48	0	486,50
	+ 57	131,50	0	+ 55	260,50	12,15	+ 55	521,50
	+122	130,40	0	+124	262,50	4,19	+123	509,50
	+252	136	0	+251	278	0	+250	500,50
O. . . .	— 17	121,20	14,01	— 12	230,20	25,85	— 15	450,20
	0	123,40	7,13	0	233,50	20,35	0	477
	+ 55	121,50	13,26	+ 55	243	18,56	+ 55	497,50
AzH^3. .	0	114,75	277,77	0	238,80	285,41	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
H.	»	»	»	»	»	»	0	»

Digitized by Google

en fonction de la température et de la pression.
exprimées en volumes à 0° et 760^{mm}.)

QUANTITÉS DE GAZ absorbées.	TEMPÉRATURE.	PRESSION DU GAZ.	QUANTITÉS DE GAZ absorbées.	TEMPÉRATURE.	PRESSION DU GAZ.	QUANTITÉS DE GAZ absorbées.	TEMPÉRATURE.	PRESSION DU GAZ.	QUANTITÉS DE GAZ absorbées.
cc	o	mm	cc	o	mm	cc	o	mm	cc
159,81	— 15,50	748,97	273,98	— 12	1603,72	332,26	»	»	»
142,40	0	749,10	216,70	0	1417,70	276,93	0	2240,80	332,42
120,61	+ 18,40	753,20	185,15	+ 18	1589,90	245,62	+ 18,20	2261,80	294,10
80,99	+ 54	750,40	112,56	+ 54	1623,90	183,70	»	»	»
36,33	+100	746,40	51,71	+100	1593,70	100,80	»	»	»
9,80	+254	758,50	15,40	+255	1338,50	39,82	+253	2193,80	64,37
37,94	— 17	745,10	60,31	— 15	1774,20	146,02	»	»	»
28,36	0	750	46,98	0	1785	103,24	»	»	»
18,50	+ 55	746,70	31,21	+ 55	1804	73,21	»	»	»
10,29	+126,5	741,50	26,34	+124	1812,50	59,19	»	»	»
3,67	+248	744,40	18,49	+250	1800,70	44,37	»	»	»
43,84	— 16	753,40	129,98	»	»	»	— 16	2284,40	224,63
37,38	0	752,60	129,07	»	»	»	0	2266,10	197,55
29,47	+ 54	751,60	105,38	»	»	»	+ 54	2272,20	173,39
»	0	760,40	548,09	0	1521,50	798,94	»	2226,80	1230,68
»	+ 54	757,60	323,24	»	»	»	»	»	»
»	+100	759,10	157,76	»	»	»	»	»	»
»	+152,50	749,70	84,80	»	»	»	»	»	»
»	+206	749,70	59,22	»	»	»	»	»	»
6,89	0	761,30	15,70	»	1766,30	46,94	»	»	»

Digitized by Google

TABLEAU II. — *Absorption d'un mélange de gaz secs par le charbon.*

MÉLANGES GAZEUX.	POIDS DU CHARBON.	TEMPÉRATURE.	PRESSION de l'atmosphère extérieure.	TEMPS depuis le commencement de l'expérience.
		o	mm	h m
O + Az (air ordinaire)	12gr,42	o	760	o
		o	748,4	6.10
		o	744,3	19.50
		o	743,2	54.10
O + CO^2	12gr,78	o	760	o
		o	760	14
		o	760	30
O + Az + CO^2	12gr,73	17	760	o
		17	753,3	9.30
		17	755,1	23.30
Az + CO^2	12gr	o	760	o
		o	748,4	8.30
		o	752,6	46.30
		o	748,2	71.30
		o	757,4	130.45
		o	754,9	142.45
CO^2 + H	12gr,42	o	760	o
		o	749,4	2
		o	751,3	34.40
		o	751,2	81.30
		o	750.1	129.30
	12gr,78	o	760	o
		o	400,4	23
		o	1654	160

Digitized by Google

(Les quantités de gaz sont exprimées en volumes à 0° et 760^{mm}.)

ATMOSPHÈRE EXTÉRIEURE.					ATMOSPHÈRE INTÉRIEURE.				
Volume.	Composition pour 100.				Volume.	Composition.			
	CO^2.	O.	H.	Az.		CO^2.	O.	H.	Az.
cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc
1200,59	»	20,93	»	79,07	»	»	»	»	»
»	»	18,82	»	80,18	99,63	»	35,24	»	64,39
»	»	19,30	»	80,70	107,04	»	42,37	»	64,67
»	»	18,31	»	81,69	120,84	»	53,14	»	67,70
1076,82	10,11	89,89	»	»	»	»	»	»	»
»	8,63	91,37	»	»	166,58	31,54	135,04	»	»
»	8,25	91,75	»	»	197,72	37,79	159,93	»	»
1258,92	9,50	19	»	71,50	»	»	»	»	»
»	7,33	17,09	»	75,58	128,33	34,73	45,14	»	48,05
»	7,24	16,18	»	76,58	148,87	38,68	50,59	»	51,66
1130,65	10,41	»	»	89,59	»	»	»	»	»
»	8,57	»	»	91,43	106,12	31,74	»	»	74,38
»	7,76	»	»	92,24	125,37	42,11	»	»	83,26
»	6,68	»	»	93,32	135,28	54,08	»	»	81,20
»	5,53	»	»	94,47	145,79	65,97	»	»	79,82
»	5,51	»	»	94,49	147,95	66,26	»	»	81,67
961,27	55,81	»	44,16	»	»	»	»	5,77	»
»	44,45	»	55,40	»	205,20	»	»	7,75	»
»	36,37	»	63,63	»	302,02	»	»	23,56	»
»	38,36	»	61,44	»	306,20	»	»	25,19	»
»	38,85	»	61,15	»	305,41	»	»	»	»
576,92	40,50	»	59,50	»	291,51	257,65	»	33,21	»
»	44,72	»	55,28	»	216,43	201,19	»	14,15	»
1151,81	46,95	»	33,05	»	414,83	369,67	»	62,59	»

Digitized by Google

TABLEAU III. — *Échanges gazeux entre des gaz condensés*
(Les quantités de gaz sont exprimées

MÉLANGES GAZEUX.	CHARBON ET GAZ condensés.	TEMPÉRATURE.	PRESSION de l'atmosphère extérieure.	TEMPS depuis le commencement de l'expérience.
		°	mm	h m
$CO^2 + H$.....	12gr,78 charbon ayant condensé H.	0	760	0
		0	745,2	24.10
		0	743,1	48.10
	12gr,78 charbon ayant condensé CO^2.	0	760	0
		0	748,5	48,30
		0	746	0
		0	743,3	58
$Az + CO^2$.....	12gr,78 de charbon ayant condensé $Az + CO^2$.	0	760	0
		0	750,3	24,45
		0	755,7	84,40
Az + O (air ordinaire)....	12gr,78 charbon ayant condensé O + Az + CO^2.	0	760	0
		0	757,5	21
		0	757	57,25

Digitized by Google

dans du charbon et des atmosphères limitées.
en volumes à 0° et 760^{mm}.)

ATMOSPHÈRE EXTÉRIEURE.					ATMOSPHÈRE INTÉRIEURE.				
Volume	Composition pour 100.				Volume.	Composition.			
	CO^2.	O.	H.	Az.		CO^2.	O.	H.	Az.
cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc
850,61	60,14	»	39,86	»	64,35	»	»	64,35	»
»	43,30	»	56,27	»	256,48	224,49	»	31,99	»
»	40,43	»	59,46	»	287,66	256,43	»	30,26	»
516,55	56	»	44	»	332,41	332,42	»	»	»
»	41,52	»	58,16	»	304,24	259,75	»	45,92	»
1411,06	11,96	»	87,90	»	304,24	259,75	»	45,92	»
»	19	»	81	»	252,28	177,09	»	82,80	»
1298,11	»	»	»	100	147,95	66,28	»	»	81,67
»	0,95	»	»	99,05	140,22	61,25	»	»	78,47
»	0,90	»	»	99,10	134,48	61,83	»	»	72,65
1224,28	0,72	20,30	»	78,97	148,87	38,68	50,59	»	51,66
»	0,97	18,26	»	80,77	157,18	35,79	78,89	»	34,25
»	0,58	16,38	»	91,94	165,27	28,80	102,36	»	26,91

Digitized by Google

NOTE

SUR LA

JUSTESSE DU FUSIL MODÈLE 1874;

PAR

M. A. BILLARDON,

Ingénieur en chef des poudres et salpêtres.

Dans une note datée du mois d'août 1883 et adressée au ministre le 23 septembre 1883, nous avons signalé ce fait que, dans le tir du fusil modèle 1874, la position, en hauteur, des points d'impact, sur une cible placée à une distance déterminée et quelconque d'ailleurs, est intimement liée à la vitesse initiale de la balle, par une loi de laquelle dépendent les qualités ou les défauts de justesse de cette arme.

Depuis lors, nous n'avons cessé de nous occuper de cette question, et, pour préciser la loi dont il s'agit, de nombreux tirs ont été exécutés à la poudrerie d'Esquerdes, avec le concours des officiers d'infanterie détachés dans cet établissement. Les résultats sont, aujourd'hui, assez concordants pour qu'il nous soit possible d'en donner un résumé et d'établir une théorie suffisamment complète. Tel est l'objet de la présente note.

Position des points d'impact en fonction de la vitesse initiale sur une cible à 200^{m}. — Pour déterminer la loi qui lie la position des points d'impact de la balle à la vitesse initiale de cette balle (*Pl. I*), nous avons employé diverses poudres, depuis les poudres à fusil ordinaires (type F_3), ayant des nombres de grains

Digitized by Google

au gramme variés ou des taux d'humidité plus ou moins considérables, jusqu'aux poudres les plus fortes que nous avons pu fabriquer (type poudre E).

Toutes ces poudres ont d'ailleurs été tirées à charges variables, depuis $4^{gr},50$ jusqu'à $5^{gr},40$. Les limites inférieures de vitesse ont été obtenues vers 350^{m}. Les vitesses supérieures ont été réalisées, vers 470^{m}, avec nos poudres les plus fortes, remplissant complètement le vide des étuis des cartouches. Nous aurions pu, cependant, aller jusqu'à 480^{m}; mais les tirs devenaient alors très fatigants pour les expérimentateurs. Notons, toutefois, que l'on a obtenu, au camp de Châlons et à Versailles, avec la poudre BNP, des vitesses de 500^{m}. Nous en avons trouvé les résultats dans des rapports qui nous ont été adressés, le 6 août 1885, par M. le ministre de la guerre, et nous en avons utilisé les indications en les reportant dans nos tableaux.

Pour que les résultats observés puissent être étudiés avec fruit, il y a quelques précautions à prendre dans les essais.

Il faut, en premier lieu, que les vitesses initiales des balles des cartouches essayées soient constatées en même temps que se font les tirs à la cible.

Il faut en outre prendre, pour les tirs à la cible, un bon tireur dont le tir soit très régulier, et il faut qu'il se serve toujours de la même arme.

Premières constatations : relations entre la hauteur du point d'impact et la vitesse de la balle. — On constate alors que les points frappés sur la cible sont toujours à la même hauteur pour des vitesses égales. Les écarts en hauteur que l'on observe pour chaque vitesse (voir *Pl. I*) sont d'un ordre bien plus faible que les variations résultant des modifications de la vitesse même.

De l'origine à partir de laquelle doivent être comptées les hauteurs. — Toutes les armes, cependant, ne sont pas identiques : les lignes de mire peuvent faire, d'un fusil à l'autre, un angle un peu variable avec l'axe du canon. Les tireurs, d'autre part, ne prennent pas tous la même quantité de guidon dans le cran de mire, et peuvent, en tirant, produire des effets de déviation con-

Digitized by Google

stants pour un même tireur, mais variables de l'un à l'autre. Toutes ces causes réunies font que, lorsqu'on change d'arme et de tireur, on n'obtient pas des points d'impact à la même hauteur. Mais, si l'on construit pour chaque tireur et pour chaque arme la courbe des hauteurs d'impact en fonction des vitesses, on trouve que toutes les courbes ainsi tracées sont parallèles.

Leur distance représente donc exactement la correction à faire pour l'un des tirs, de manière à le rapprocher de l'autre.

C'est ainsi que, dans la *Pl. I,* nous avons pris comme point de départ les tirs effectués par le tireur Annebicque, en 1884, avec un même fusil, lequel était d'ailleurs tel que l'axe du canon passait à $1^m,30$ au-dessus du point d'intersection de la ligne de mire avec la cible à 200^m.

D'autres tirs ont été effectués dans les mêmes conditions, en 1885, par MM. les capitaines Thiébaut et Delaville; pour les rapprocher de ceux de 1884, il a fallu en relever tous les points de $0^m,20$.

De même, nous avons utilisé dans notre tableau les tirs faits au camp de Châlons et à Versailles avec neuf échantillons de poudres du Bouchet et d'Esquerdes, pour lesquels la correction a consisté dans un abaissement de $0^m,50$ des points d'impact.

Ces corrections étant faites, nous sommes en droit de dire que, si tous les tirs de la *Pl. I* avaient été faits par le sieur Annebicque avec le fusil dont il s'est servi en 1884, les positions des points d'impact auraient été exactement celles que nous donnons dans notre *Pl. I.*

Examen des causes de relèvement et d'abaissement. — Ceci étant établi, et étant donné que le fusil d'Annebicque, en 1884, était tel que son angle de mire interceptait, sur la cible à 200^m, une hauteur verticale de $1^m,30$, on voit que, si les balles étaient sorties de l'arme dans la direction de l'axe du canon et n'avaient pas été abaissées dans leur trajet par la pesanteur, elles seraient toutes venues frapper la cible à $1^m,30$ au-dessus du point visé, et qu'en conséquence la ligne MM, située à $1^m,30$ au-dessus de la hauteur OO représentant les points visés, eût été le lieu géométrique des impacts. Mais il n'en est pas ainsi : 1° d'une part, la pesanteur agit sur la balle dans son trajet après sa sortie de

Digitized by Google

l'arme; 2° d'une autre part, le canon se relève, par suite du trajet même de la balle d'une extrémité à l'autre de l'âme, et ce relèvement est une seconde cause du déplacement de l'impact, et 3° enfin, le fusil est soumis, à la suite de la déflagration de la poudre et, en conséquence de la pression des gaz, à des flexions et à des vibrations qui ont pour effet de modifier encore la position de l'impact.

Examinons ces trois causes :

Action de la pesanteur. — L'action de la pesanteur produit ce qu'on appelle la *hauteur de chute*. Pour la déterminer, il suffirait d'avoir les hauteurs de chute correspondant à diverses vitesses initiales. Nous avons, à cet effet, construit la trajectoire de la balle d'après le tableau A du Règlement sur l'Instruction du tir. En remarquant que ce tableau donne les vitesses restantes en tous les points de la trajectoire, il nous a été possible, en prenant l'origine sur un point quelconque de la trajectoire, de connaître, pour la vitesse en ce point considérée comme vitesse initiale, la hauteur de chute à 200^{m} plus loin. Un tracé géométrique très simple suffit pour cela.

La série des vitesses nous permettrait d'ailleurs d'avoir très facilement la vitesse à 25^{m} de l'origine.

Nous avons obtenu finalement le tableau suivant :

VITESSES initiales de la balle.	VITESSES à 25^{m}.	HAUTEURS de chute à 200^{m}.
m	m	m
493	470	1,11
450	430	1,26
391	380	1,57
352	343	1,92
319	311	2,32
290	284	2,75
266	260	3,27

Connaissant ainsi les hauteurs de la chute, pour toutes les vitesses à 25^{m} de la balle, il a été facile d'établir la courbe NN, qui aurait été le lieu géométrique des points d'impact, si les balles

Digitized by Google

étaient parties dans la direction de l'axe du canon et n'avaient été soumises à aucune réaction secondaire de l'arme.

Relèvement produit par le trajet de la balle dans le canon. — Calculons maintenant celle de ces réactions secondaires qui résulte du mouvement même de la balle dans le canon.

En supposant le fusil appuyé à l'épaule du tireur au milieu de la plaque de couche, ce qui place ce point à $0^m,11$ en dessous de la direction prolongée de l'axe du canon, et en admettant que le poids du fusil soit à tout instant exactement équilibré par une force égale et de sens contraire, ce qui supprime toute force extérieure, on aura, en vertu du théorème des aires, qui devient applicable pour ce cas,

$$MRH + M(K^2 + a^2)\alpha = \mu hl,$$

en désignant par

M la masse du fusil $\left(M = \frac{4^{kg},200}{g}\right)$;

R le recul;

H la distance à l'épaule de la direction du recul passant par le centre de gravité;

MK^2 le moment d'inertie du fusil par rapport au centre de gravité

$$(K^2 = 0,1043,\ K = 0,323).$$

Ces chiffres ont été déterminés en faisant osciller le fusil suspendu sous le grand tenon de l'épée-baïonnette, c'est-à-dire à une distance de $0^m,660$ du centre de gravité; on a constaté qu'il faisait ainsi 200 oscillations simples en $181^s,5$.

a la distance de l'appui ou de l'épaule au centre de gravité ($a = 0,540$);

α l'angle dont l'axe du canon s'est relevé;

μ { la somme de la masse de la balle et de la demi-masse de la charge de poudre. } $\mu = \frac{0^{kg},0275}{g}$;

h distance de l'axe du canon à l'épaule ($h = 0,11$);

l la longueur du trajet de la balle dans le canon ($l = 0,78$).

Les données de la formule ci-dessus permettent de calculer (en supposant $H = 0$, ce qui revient à admettre que l'épaule cède au

Digitized by Google

recul dans la direction déterminée par l'appui et par le centre de gravité)

$$\alpha = 0{,}00142.$$

Ainsi, rien que par suite du déplacement de la balle, d'une extrémité à l'autre du canon, le fusil tourne et se relève, et avec lui l'axe du canon, d'un angle de 0,00142, soit d'un angle dont la tangente est très sensiblement 0,00142.

Mais il y a plus. Dans ce mouvement de relèvement, le fusil, et en particulier le bout du canon, prend une certaine vitesse : cette vitesse se communique intégralement à la balle au moment de sa sortie et il y a lieu, par suite, de calculer cette vitesse de projection verticale.

La formule donnée ci-dessus peut s'écrire

$$M(K^2 + a^2)\frac{d\alpha}{dt} = \mu h \frac{dl}{dt},$$

et, en appelant L la longueur totale du fusil, depuis l'épaule jusqu'au bout du canon (L = 1,300),

$$M(K^2 + a^2)L\frac{d\alpha}{dt} = \mu h L \frac{dl}{dt}.$$

On voit facilement que :

1° $L\frac{d\alpha}{dt}$ est très sensiblement la vitesse de projection verticale que nous nous proposons de déterminer ;

2° Que $\frac{dl}{dt}$ est la vitesse initiale V_0 de sortie de la balle hors du canon.

Comme la vitesse de projection verticale se compose avec la vitesse de sortie, et comme ces deux vitesses sont sensiblement normales l'une sur l'autre, la vitesse initiale de la balle sur le premier élément de la trajectoire fera donc avec l'axe du canon un angle dont la tangente aura pour valeur

$$\frac{L\frac{d\alpha}{dt}}{\frac{dl}{dt}} = \frac{\mu h L}{M(K^2 + a^2)} = 0{,}00236.$$

En résumé donc, le relèvement produit par le trajet même de la balle dans le canon est une somme de deux effets, savoir, d'une

Digitized by Google

part, celui qui provient du déplacement de l'axe de l'arme et, de l'autre, celui qui résulte d'une impulsion verticale imprimée à la balle par le bout du canon, en sorte que la tangente de l'angle de relèvement dû à ces deux causes est égale à

$$0,00142 + 0,00236 = 0,00378,$$

quantité absolument indépendante de la vitesse initiale de la balle, comme on peut le remarquer.

A 200^{m}, l'effet de cette cause de relèvement sera de reporter tous les points d'impact de 0^{m},756 vers le haut.

Les points d'impact devraient donc se trouver, en conséquence, sur la courbe PP parallèle à la courbe NN et située à 0^{m},756 au-dessus.

C'est la position que les balles viendraient prendre sur la cible, si le fusil était ce qu'on désigne en mécanique sous le nom de solide invariable, c'est-à-dire si le fusil ne subissait aucune flexion ni aucune vibration sous l'influence des forces que la combustion de la poudre développe à l'intérieur du canon.

Des flexions et vibrations de l'arme. — Mais le fusil n'est pas un solide invariable et, en conséquence, les flexions et vibrations doivent amener de nouveaux déplacements des points d'impact.

Elles les groupent comme on les observe définitivement et tels qu'ils sont représentés sur la *Pl. I.*

Nous en résumerons les effets comme il suit :

1° A l'instant de la déflagration de la poudre dans l'arme et sous l'influence de la pression maximum qui se produit presque immédiatement après la mise de feu, l'arme subit des flexions diverses tenant à sa constitution propre.

2° Les parties de l'arme, celles du fût aussi bien que celles du canon, qui sont ainsi déplacées, tendent ensuite à revenir à leur position normale et l'arme entière vibre comme un corps élastique ordinaire.

3° La durée de la période du mouvement vibratoire ne dépend que de l'arme et nullement de la poudre employée (1). D'après nos

(1) Le mouvement vibratoire est cependant entretenu et légèrement modifié par les forces intérieures jusqu'au moment de la sortie de la balle.

Nous pensons que la variation de ces forces a peu d'influence sur la durée de

Digitized by Google

estimations, ce mouvement à l'extrémité du canon serait caractérisé par 1238 vibrations simples à la seconde, correspondant au *ré* dièse de l'octave qui suit le *la* du diapason normal. C'est la note qui paraît dominer parmi toutes celles dont se compose le bruit d'un coup de fusil.

4° La poudre n'intervient dans le mouvement vibratoire que pour changer son amplitude suivant qu'elle est plus ou moins forte ou pour avancer ou reculer l'instant du départ de la première onde suivant qu'elle est plus ou moins vive et que la pression maximum suit de plus ou moins près la mise en mouvement du projectile.

5° L'abaissement ou le relèvement produits dans le tir par les mouvements vibratoires dépendent exclusivement de l'instant de la période vibratoire où l'arme est parvenue au moment où la balle sort du canon. La balle reçoit alors une direction qui est la conséquence, à la fois, de l'inclinaison que les vibrations impriment au bout du canon et de la vitesse vibratoire que possède alors ce bout du canon. Ces deux effets se composent de la même manière que les deux effets qui sont la conséquence du trajet de la balle dans le canon et dont nous avons donné le calcul dans le paragraphe précédent.

Examinons comment cet exposé des phénomènes peut concorder avec les observations :

Tout d'abord on remarque que la courbe des impacts affecte une forme sinusoïdale et semble, par cela même, refléter un mouvement vibratoire. Nous n'avons, il est vrai, qu'une portion restreinte de cette courbe ; mais il semble que, dans les limites où elle a été déterminée, elle comprend bien près d'une vibration simple, ce qui est suffisant pour en accuser toutes les inflexions.

Cette courbe AB doit se développer autour de la courbe PP des positions qu'occuperaient les impacts s'il n'y avait pas de mouvement vibratoire, et l'on constate, en effet, que ses deux branches, l'une au-dessus de ladite courbe PP, l'autre au-dessous, présentent la même importance, tout au moins dans le voisinage du point K de rencontre des courbes AB et PP.

Ce point K correspond à une vitesse de 457^{m} à 25^{m}, soit à une

---

la période vibratoire dans les limites de temps indiquées, c'est-à-dire depuis le moment de la pression maximum jusqu'à celui de la sortie de la balle.

Digitized by Google

vitesse initiale de 479^m. La durée du parcours de la balle dans l'arme [inverse de la vitesse moyenne V_m dans le canon liée à la vitesse initiale V_0 de sortie par la relation (1) $V_m = 0{,}85\,V_0$] est alors

$$t = \frac{0{,}78}{0{,}85 \times 479} = \frac{0{,}92}{479} = 0'',00192.$$

D'autre part, on a dit que les vibrations de l'arme étaient de 1238 par seconde et avaient une durée de $\frac{1}{1238} = 0'',00081$.

En remarquant que la période de la courbe sinusoïdale AB doit suivre celle du mouvement vibratoire du fusil, on est en droit de conclure qu'une seconde rencontre des courbes AB et PP doit avoir lieu lorsque la balle parcourra le canon en $0{,}00192 + 0{,}00081 = 0'',00273$, ce qui correspond à une vitesse moyenne de parcours de $\frac{0{,}78}{0{,}00273}$ et à une vitesse de sortie de la balle de $\frac{0{,}92}{0{,}00273} = 337$, soit à une vitesse à 25^m de 326^m.

La branche inférieure de la courbe ondulée doit donc avoir ses deux points de rencontre avec la courbe PP à la hauteur des vitesses 326^m et 457^m.

Son maximum d'amplitude serait, en conséquence, dans le voisinage de la vitesse $\frac{326 + 457}{2} = 391^m$.

C'est, en effet, ce que l'on constate avec une exactitude tout à fait en rapport avec le degré de précision de nos essais.

---

(1) Cette relation s'établit ainsi qu'il suit :

D'après M. Sarrau (*Mémorial des poudres et salpêtres*, t. I, p. 1), la formule des vitesses initiales est de la forme $v = A u^{\gamma}$, soit $v\,dt = A u^{\gamma}\,dt$ ou $u^{-\gamma}du = A\,dt$, d'où l'on tire $A t = \frac{l^{1-\gamma}}{1-\gamma}$ en appelant l le parcours total de la balle dans le canon. Cette formule donne $\frac{l}{t} = A(1-\gamma)\,l^{\gamma}$ soit $\frac{l}{t} = (1-\gamma)V_0$, et encore $V_m = (1-\gamma)V_0$ en appelant V_m la vitesse moyenne du parcours de la balle dans le canon et V_0 la vitesse de sortie. Or γ est généralement égal à $\frac{1}{8}$ et il peut s'élever à $\frac{1}{4}$ pour les poudres lentes; le coefficient $1-\gamma$ est donc compris entre 0,750 et 0,875, D'autre part, des expériences faites sur le fusil modèle 1874, par M. le colonel Sebert, avec son vélocimètre, indiqueraient que ce coefficient varie de 0,78 à 0,88. Comme les poudres employées dans les fusils sont plutôt vives que lentes, le coefficient adopté, 0,85, doit être regardé comme suffisamment exact.

Digitized by Google

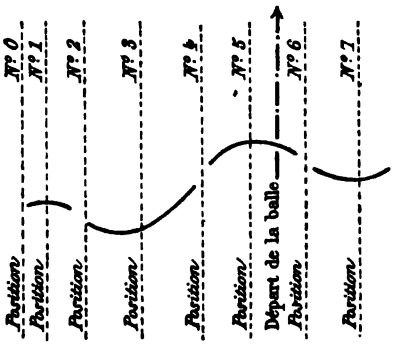
Courbes de justesse. — Afin de faire ressortir les conséquences de cette théorie pour l'étude de la justesse, nous construirons dans la *Pl. II* la courbe ALKB (¹), que nous désignerons sous le nom de *courbe de justesse* dans des limites bien plus étendues que dans la *Pl. I,* soit pour les vitesses (à 25^{m}) de 200^{m} jusqu'à 900^{m}.

Appelons θ le temps très petit qui sépare le commencement du mouvement vibratoire du moment du départ de la balle au fond de l'arme et τ la durée d'une oscillation du bout du canon. Supposons d'après certaines indications d'expériences de M. le colonel Sebert, que $\theta = 0'',00030$ et prenons toujours $\tau = 0'',00081$.

Nous pourrons former le tableau suivant :

(¹) Il est intéressant de rapprocher de cette courbe les observations faites à l'École normale de tir du camp de Châlons, et relatées dans l'*Organisation intérieure et extérieure du fusil,* par M. le capitaine JOURNÉE (p. 131, pl. K, cours de 1883). Les apparences vibratoires représentées sur cette pl. K s'expliqueraient comme dans la figure ci-dessous.

Fig. 1.



Digitized by Google

NUMÉROS des positions.	TEMPS du parcours de la balle dans l'âme du canon.	VITESSE initiale de la balle correspondante.	VITESSE à 25m correspondante.	INCLINAISON du bout du canon (1).	VITESSE vibratoire maximum du bout du canon (1).	OBSERVATIONS. Points particuliers de la courbe de justesse par rapport à la courbe PP.
0..	$o = 0,00000$	∞	∞	0	»	Écart en dessus.
1.	$\theta = 0,00030$	3067	2339	$+\alpha_1$	0	Rencontre K_1.
2.	$\theta + \frac{\mathfrak{G}}{3} = 0,00070$	1314	1161	0	$-u_2$	Maximum d'écart en dessous.
3..	$\theta + \mathfrak{G} = 0,00111$	829	765	$-\alpha_3$	0	Rencontre K_2.
4..	$\theta + \frac{3\mathfrak{G}}{2} = 0,00151$	609	574	0	$+u_4$	Maximum d'écart en dessus.
5..	$\theta + 2\mathfrak{G} = 0,00192$	479	457	$+\alpha_5$	0	Rencontre K_3.
6..	$\theta + \frac{5\mathfrak{G}}{2} = 0,00232$	397	382	0	$-u_6$	Maximum d'écart en dessous.
7..	$\theta + 3\mathfrak{G} = 0,00273$	337	326	$-\alpha_7$	0	Rencontre K_4.
8..	$\theta + \frac{7\mathfrak{G}}{2} = 0,00313$	294	285	0	$+u_8$	Maximum d'écart en dessus.
9..	$\theta + 4\mathfrak{G} = 0,00354$	260	253	$+\alpha_9$	0	Rencontre K_5.
10..	$\theta + \frac{9\mathfrak{G}}{2} = 0,00394$	233	227	0	$-u_{10}$	Maximum d'écart en dessous.
11..	$\theta + 5\mathfrak{G} = 0,00435$	214	209	$-\alpha_{11}$	0	

(1) D'après les observations de l'École normale de tir, le canon du fusil modèle 1874 présenterait, en vibrant, un nœud à une distance de $0^m,32$ de la bouche. On sait, d'ailleurs, que le déplacement a d'un point sur une tige vibrante est lié à la vitesse s maximum de ce point par la relation $s = \frac{2\pi}{T} a$, dans laquelle T représente la durée d'une vibration.

Il serait facile d'en conclure que l'inclinaison du bout du canon aurait sur la déviation des balles une influence tout à fait comparable, en grandeur, à celle qui résulte de la vitesse vibratoire de l'extrémité de l'arme (Cours de 1886 sur l'*Organisation intérieure et extérieure du fusil*, par M. le capitaine JOURNÉE, p. 264).

La traduction graphique des données de ce tableau est fournie par la *Pl. II* (1).

(1) Nous donnons, dans la *Pl. III*, les résultats de tirs de contrôle, exécutés à l'École normale de tir du camp de Châlons, qui nous ont été communiqués par

Digitized by Google

De la justesse. — Un fusil n'est juste, théoriquement, que si, malgré toutes les variations : 1° des qualités de la poudre des cartouches, de nature plus ou moins forte ou plus ou moins bien conservée; 2° des conditions plus ou moins régulières du chargement de ces cartouches, et 3° enfin, de l'état plus ou moins favorable des circonstances atmosphériques pendant le tir, les balles frappent, dans tous les cas, le but au même point, situé à hauteur de la ligne de mire supposée bien établie. La justesse est d'ailleurs d'autant plus grande que, pour une variation de vitesse donnée, les déviations en hauteur sont plus faibles.

Les explications que nous avons données précédemment mettent en évidence la relation directe qui existe entre ce que nous avons appelé la *courbe de justesse* et la justesse (1). On aurait, en quelque sorte, une expression mathématique de cette dernière, en appelant β l'angle que fait avec l'horizontale la tangente à cette courbe, et j la justesse, et en posant

$$j = \frac{1}{\operatorname{tang}\beta} = \cot\beta.$$

La courbe de la *Pl. II* fait ressortir quelques défauts du fusil modèle 1874 à cet égard. La vitesse normale de la balle pour ce fusil, qui est voisine de 430^m, n'est pas très favorable à la justesse. Il aurait fallu qu'elle fût fixée à 370^m (2), ou, mieux encore, qu'elle eût pu être portée jusqu'à 600^m. D'où l'on voit d'ailleurs, pour le dire en passant, que le relèvement, et même un très fort relèvement, n'est pas, comme on le croit généralement, un obstacle à la justesse d'un fusil.

M. le colonel Lebel avec sa lettre du 30 avril 1886. Nous extrayons de cette lettre ce qui suit :

« Nous avons fait des tirs à des vitesses comprises entre 200 et 850^m, pour vérifier la courbe de justesse du fusil modèle 1874 que vous avez déduite de tirs faits dans des limites de vitesse bien moins étendues. L'accord entre les résultats expérimentaux que nous avons obtenus et ceux que vous aviez prévus est très remarquable. »

(1) Nous laissons complètement de côté la question des déviations latérales, qui, à tous les points de vue, n'offre pas la même importance que celle des déviations en hauteur, et qui, d'ailleurs, semble pouvoir être traitée de la même manière.

(2) La pratique des tireurs à la cible, pour les tirs de concours à 200^m, est de charger leurs cartouches à 3^{gr},80, ce qui donne précisément cette vitesse de 370^m.

Digitized by Google

Toutes les recherches que l'on voudra faire sur le fusil modèle 1874, et dont le but serait uniquement soit de changer la poudre, soit d'augmenter la vitesse normale jusqu'à 500^{m}, ce qui est une limite extrême de ce que l'on peut se proposer, ne pourront donc conduire à aucun résultat pratique, en ce qui concerne l'amélioration de la justesse.

Il en serait tout autrement dans le cas où l'on aurait une arme nouvelle à créer, et il faudrait alors comprendre au nombre des études indispensables à faire sur les types proposés la construction, pour chacun, de sa courbe de justesse comme dans la *Pl. II*.

Cette courbe de justesse, nous ne l'avons établie que pour un tir à la distance de 200^{m}. C'est évidemment insuffisant. Il faudrait la construire pour une distance de 800^{m} à 1000^{m}; attendu que, si l'on avait la justesse parfaite à cette grande distance, on l'aurait aussi très suffisamment, d'une part pour les distances inférieures et encore jusqu'à plusieurs centaines de mètres au delà.

La courbe de justesse à 800^{m} ou à toute distance se déduirait d'ailleurs mathématiquement de la courbe de justesse à 200^{m}, si l'on connaissait exactement toutes les hauteurs de chute pour toutes les vitesses initiales et pour toutes les distances.

Pour abréger cet exposé, nous ne sommes pas entré dans le détail de toutes les recherches et de toutes les expériences qui nous ont amené à nos conclusions.

Nous devons rappeler cependant que nous avons eu pour collaborateurs dans ces recherches MM. les capitaines d'infanterie Bazin, Genneau, Fonsart, Lambert, de Bizemont, Le Tulle, Plocque, Domezon, Thiébaut et Delaville, détachés à la poudrerie d'Esquerdes de 1883 à 1885, qui ont exécuté et dirigé tous les tirs et qui nous ont apporté le concours éclairé de la science et des méthodes de l'École normale de tir du camp de Châlons.

Esquerdes, le 15 août 1885.

Digitized by Google

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX DE LA COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES PENDANT L'ANNÉE 1890 (1).

Ce rapport, établi conformément à l'article 4 du décret constituant la commission des substances explosives, comprend les objets suivants :

1° *Analyse des rapports adressés au ministre pendant l'année* 1890;

2° *Revue des travaux effectués pendant la même année.*

I. — Analyse des rapports établis pendant l'année.

RAPPORT N° 66. — *Sur l'étude de la dynamite-paille.*

(Étude confiée à la 2e section; rapporteur M. BRUNEAU.)

Par dépêche du 22 novembre 1884, le ministre de la guerre, en transmettant une lettre de M. le général de division, président de la commission mixte d'expériences sur les explosifs, relative aux

(1) Voir 1 *432, 2 *573 et 3 *171 les *Comptes rendus* des travaux exécutés de 1878 à 1889.

Digitized by Google

résultats obtenus avec des échantillons de dynamite-paille fabriqués par M. Lanfrey, à l'usine d'Arendonck (Belgique), a invité la commission des substances explosives à étudier les propriétés de ce produit, particulièrement sa résistance au choc de la balle du fusil modèle 1874, comparativement avec la dynamite ordinaire et les diverses espèces de coton-poudre qui étaient en service ou à l'étude.

En mars 1885, dès la réception de 200 cartouches de dynamite-paille fournies par l'école d'artillerie de Versailles, les effets du choc de la balle sur cet explosif furent étudiés. La commission, qui recherchait à cette époque un nouvel explosif pour les opérations militaires, compara les résultats donnés par la dynamite-paille à ceux qu'elle obtient avec les diverses dynamites et le coton-poudre paraffiné ou additionné de camphre.

De l'ensemble des essais exécutés il est résulté que la dynamite-paille s'est montrée le moins sensible de tous les explosifs au choc de la balle.

La sensibilité de la dynamite-paille à l'amorce fulminante n'a pu être indiquée aussi nettement que sa résistance au choc de la balle. Dans des expériences qui ont eu lieu peu de temps après la réception de cet explosif, on a constaté qu'une charge de $0^{gr},5$ de fulminate était insuffisante pour faire détoner les cartouches; celle de $0^{gr},75$ donnait des résultats partiels et celle de $1^{gr},0$ a suffi, dans tous les essais exécutés avec cette charge, pour obtenir la détonation franche de l'explosif. Cette dynamite-paille, essayée au bout de 18 mois de conservation, dans de bonnes conditions, n'a pu, dans 3 expériences consécutives, détoner sous l'influence de l'amorce à $1^{gr},5$ de fulminate.

Ces résultats, rapprochés des faits connus de gélatinisation progressive des nitrocelluloses par la nitroglycérine, semblent indiquer que la dynamite-paille de M. Lanfrey subit, pendant sa conservation, une modification de cette espèce, tendant à réduire progressivement sa sensibilité à l'amorce et au choc.

De nouveaux essais, exécutés au commencement de l'année 1890, ont montré que la dynamite-paille gelée ne détonait pas, à chaque coup, sous l'influence d'une amorce à $2^{gr},0$ de fulminate. La détonation se produisant, la plaque de fer de 20^{mm} d'épaisseur, sur laquelle on plaçait la cartouche, était ployée et présentait une

Digitized by Google

flèche moyenne de 20^{mm}, alors que, dans les mêmes conditions, la dynamite à 75 pour 100 produisait une flèche de 30^{mm}.

La dynamite-paille, sous la forme finale qui résulte de sa conservation, est donc inférieure à la dynamite ordinaire à 75 pour 100 de nitroglycérine au point de vue de la force et de la sensibilité à l'amorce fulminante; elle résiste mieux, par contre, au choc de la balle.

L'étude des propriétés de la dynamite-paille avait été demandée peu de temps avant les premiers essais exécutés sur la mélinite; l'adoption de ce dernier explosif pour les usages militaires semble avoir supprimé l'intérêt que pouvait présenter, à ce point de vue, la substance préparée par M. Lanfrey.

La commission constate, dans son rapport, que la principale propriété de la dynamite-paille, sa résistance au choc de la balle, ne présente aucun avantage pour les emplois industriels et que son insensibilité relative à l'amorce la rend très difficile à employer dans les travaux de mines ou de carrières.

En conséquence, elle a été d'avis que l'étude de cet explosif n'offrait plus aucun intérêt.

Rapport n° 67. — *Sur l'étude des allumeurs de sûreté de* MM. Davey, Bickford, Smith et C^{ie}.

(Étude confiée à la 2^{e} section; rapporteur M. Bruneau.)

Par dépêche du 4 décembre 1889, le ministre de la guerre a soumis à l'examen de la commission des substances explosives une demande de MM. Davey, Bickford, Smith et C^{ie}, tendant à obtenir, pour les allumeurs de sûreté qu'ils fabriquent, l'assimilation aux munitions de sûreté (3^{e} catégorie), mentionnée par l'arrêté de M. le ministre des travaux publics, en date du 9 janvier 1888, relatif au transport par chemins de fer des matières inflammables et explosives autres que les poudres et la dynamite.

Aux termes de l'arrêté précité, les munitions, pour être admises dans la 3^{e} catégorie à titre de munitions de sûreté, doivent satisfaire aux conditions indiquées précédemment par la commission des substances explosives, c'est-à-dire être pourvues d'une enveloppe rigide, incombustible, et les conditions de leur fabrication et de leur emballage doivent être telles que l'explosion de l'une

Digitized by Google

d'entre elles ne se communique que partiellement et incomplètement aux munitions voisines et ne puisse déterminer l'explosion en masse des munitions contenues dans la même caisse. Les fabricants doivent, à cet effet, se munir d'un certificat du service des poudres et salpêtres, attestant que cette assimilation peut être faite sans inconvénient.

L'allumeur de sûreté de MM. Davey, Bickford, Smith et C^ie^ se compose d'un tube métallique de 65^mm^ de longueur et 6^mm^ de diamètre, dans l'intérieur duquel est placée une capsule en verre contenant une goutte d'acide sulfurique; cette capsule, entourée d'un tissu imprégné de chlorate de potasse, est maintenue en place, d'un côté par une légère diminution du diamètre du tube, de l'autre par un bout de mèche Bickford. Cet appareil étant principalement destiné à l'allumage des mèches dans les mines grisouteuses, on a placé, à l'extrémité du tube qui ne reçoit pas la mèche, un dispositif permettant de laisser passer les gaz provenant de la combustion du chlorate et de la mèche, sans livrer passage à la flamme ni aux étincelles. Ce dispositif est constitué par un petit bouton en porcelaine percé de trois trous et précédé de trois toiles métalliques séparées par de petits anneaux qui les maintiennent en place.

Pour faire usage de l'appareil, la mèche Bickford étant fixée au tube par sertissage, on écrase, à l'aide d'une pince spéciale, le tube à l'endroit où se trouve la capsule contenant l'acide sulfurique. Le chlorate se décompose alors au contact de l'acide et produit une détonation très faible, mais suffisante pour enflammer la mèche Bickford au contact de la capsule; cette inflammation se transmet ensuite à la mèche adaptée à la charge de mine.

La commission a soumis les allumeurs présentés par MM. Davey, Bickford, Smith et C^ie^, dans les conditions d'emballage admises pour leur transport, à une série d'essais dans lesquels l'explosion d'un ou plusieurs allumeurs était déterminée, soit par l'écrasement de l'ampoule d'acide sulfurique au moyen d'une pince, soit par un choc violent portant sur la caisse qui les contenait.

A la suite de ces essais, la commission a émis l'avis que les allumeurs de sûreté présentés par MM. Davey, Bickford, Smith et C^ie^, satisfont aux conditions qu'elle avait indiquées pour les munitions de sûreté, à savoir :

1° Ils sont pourvus d'une enveloppe rigide et incombustible;

Digitized by Google

2° L'explosion de l'un d'eux ne se communique que partiellement et incomplètement aux allumeurs voisins et ne détermine pas l'explosion en masse des allumeurs contenus dans la même caisse, même dans les conditions les plus défavorables.

Rapport n° 68. — *Sur l'examen des demandes d'importation de dynamites, présentées par* M. Faille.

(Étude confiée à la 1re section; rapporteur M. Liouville.)

Par dépêche du 13 février 1888, M. le ministre de la guerre a soumis à l'examen de la commission des substances explosives une demande formulée par M. Faille, à l'effet d'être autorisé à importer en France deux sortes de dynamites fabriquées à l'usine de Matagne-la-Grande (Belgique).

A la date du 28 août 1888, une demande semblable de M. Faille, au sujet d'un nouveau type de dynamite qu'il désignait sous le nom de *mélanite,* a été transmise à la commission.

Enfin, par dépêches du ministre de la guerre en date des 26 mars et 9 juillet 1890, la commission fut saisie de l'examen de deux nouveaux types de dynamites, également présentés par M. Faille, l'un désigné sous le nom de *grisoutite,* l'autre sans appellation spéciale.

L'un des types de dynamites faisant l'objet de la première demande a donné lieu à un rapport spécial, établi en 1889 (rapport n° 65). La commission n'a reçu de M. Faille qu'en 1890 les échantillons complémentaires conformes à ses demandes d'autorisation. Ces échantillons avaient la composition suivante :

		Pour 100.
1° Dynamite à l'azotate d'ammoniaque....	Dynamite.....	35
	Azotate d'ammoniaque.....	65
2° Dynamite dénommée *mélanite*.....	Nitroglycérine.....	83 à 87
	Nitrocellulose.....	17 à 13
3° Dynamite dénommée *grisoutite*	Nitroglycérine.....	42 à 45
	Kieselguhr ou cellulose nitrée....	11 à 12
	Sulfate de magnésie.....	47 à 43
4° Dynamite (Lettre ministérielle du 9 juillet 1890).....	Nitroglycérine.....	86
	Nitrobenzine.....	4
	Coton-poudre.....	10

Digitized by Google

Suivant un procédé déjà employé par la commission dans des recherches de cette nature, les dynamites de M. Faille ont été soumises à des essais de conservation normale et de résistance à l'influence de la chaleur et de l'humidité.

Les dynamites proposées ont bien résisté après épreuves, à l'exception toutefois du type dynamite à l'azotate d'ammoniaque.

En conséquence, la commission a été d'avis que les types de dynamites 2°, 3° et 4° présentés par M. Faille satisfont aux conditions de stabilité habituellement exigées et qu'on peut en autoriser l'introduction et la circulation en France; mais elle a pensé que la même autorisation ne pouvait être accordée pour le type dynamite à l'azotate d'ammoniaque dans son état actuel.

II. — Revue des travaux exécutés pendant l'année.

ÉTUDE N° 5.

Étude des effets des chocs sur les composés explosifs azotés.

Une série d'expériences a été exécutée en 1890. Les essais ont porté sur la sensibilité, au choc de la balle du fusil mod. 1874 tirée à 25^{m}, des explosifs ci-après :

Dynamite-paille;
Coton-poudre à 5, 10 et 20 pour 100 de camphre;
Coton-poudre sec;
Coton-poudre humide à 18 pour 100 d'eau;
Coton-poudre paraffiné à 10 pour 100;
Dynamite à 45, 60 et 75 pour 100 de nitroglycérine;
Dynamite camphrée à 5, 10, 15 et 20 pour 100;
Dynamite camphrée au coton-poudre;
Dynamite camphrée au jute;
Dynamite-gomme au camphre;
Mélinite.

ÉTUDE N° 44.

Mesure de la vitesse de transmission de la détonation dans les explosifs.

Cette étude a donné lieu, en 1890, à une série d'expériences

Digitized by Google

concernant la vitesse de transmission de la détonation dans des tubes de verre chargés de nitrate de méthyle.

52 expériences ont été exécutées avec des tubes dont le diamètre a varié de $2^{mm},6$ à $5^{mm},8$ et l'épaisseur de $0^{mm},4$ à $4^{mm},5$.

Il résulte de ces expériences que la détonation du nitrate de méthyle se transmet en général dans des tubes ayant une épaisseur au moins égale à 1^{mm}; au-dessous, ces tubes sont brisés sans que le régime de détonation puisse s'établir, même lorsqu'on essaye d'amorcer la détonation par des tubes en verre ayant une épaisseur graduellement réduite à ce chiffre.

Des arrêts de transmission de la détonation dans la proportion de 15 pour 100 ont été constatés dans des tubes ayant une épaisseur égale ou supérieure à 1^{mm}.

La vitesse de transmission de la détonation du nitrate de méthyle paraît peu varier avec le diamètre des tubes en verre dans lesquels ce liquide explosif est placé; cette vitesse est d'environ 2000^{m} lorsque l'épaisseur des tubes est comprise entre 1^{mm} et 2^{mm}, puis elle s'accroît avec l'épaisseur et atteint le chiffre de 2400^{m} à 2500^{m} pour des épaisseurs de 3^{mm} à $4^{mm},5$.

Les résultats généraux de cette étude ont été réunis et discutés par M. Berthelot, dans une note présentée à l'Académie des sciences dans sa séance du 5 janvier 1891.

ÉTUDE N° 47.

Étude de la dynamite-paille.

Cette étude est terminée et a donné lieu, en 1890, à l'établissement du rapport n° 66, dont l'analyse est donnée plus haut.

ÉTUDE N° 66.

Étude des questions relatives à l'emploi des explosifs en présence du grisou.

Cette étude, qui a déjà donné lieu à plusieurs rapports, reste toujours ouverte, en raison de la nécessité de recueillir et même de vérifier les renseignements ou propositions émanant d'auteurs ou d'inventeurs, qui peuvent apporter des perfectionnements aux

Digitized by Google

mesures de sécurité en usage dans l'exploitation des mines grisouteuses.

La commission a fait, au cours de l'année 1890, l'analyse d'une brochure de M. Macquet, relative à des expériences effectuées en Belgique sur la grisoutite.

Une série d'expériences dans la chaudière à grisou installée au champ de tir de la poudrerie de Sevran-Livry, a été effectuée par la commission sur des allumeurs de sûreté de MM. Davey, Bickford, Smith et Cie, de Rouen.

Dans ces expériences, les allumeurs sont employés soit seuls, soit munis d'une mèche non terminée par un détonateur, soit munis d'une mèche terminée par un détonateur renforcé à 1gr,5 de fulminate. Ces essais paraissent indiquer que le dispositif d'allumage présenté par MM. Davey, Bickford, Smith et Cie n'enflammait pas, *dans les conditions de son fonctionnement normal*, le mélange grisouteux à 10,3 pour 100 de formène.

ÉTUDES Nos 74, 83 ET 85.

Examen des demandes d'importation de dynamites diverses, présentées par M. Faille.

Les résultats de l'examen des diverses demandes présentées par M. Faille, et qui ont fait l'objet des présentes études, ont donné lieu, en 1890, à l'établissement d'un rapport d'ensemble dont l'analyse a été donnée plus haut.

ÉTUDE N° 81.

Étude des allumeurs de sûreté, présentés par MM. Davey, Bickford, Smith et Cie.

Cette étude a donné lieu, en 1890, à l'établissement du rapport n° 67, analysé plus haut.

ÉTUDE N° 82.

Emploi des explosifs dans les mines.

La commission a poursuivi, dans le cours de l'année 1890, ses

Digitized by Google

recherches relatives aux meilleures conditions d'adaptation des explosifs aux exploitations minières.

Elle avait étudié antérieurement les pressions fournies par divers types de poudre dans des milieux peu résistants, tels que le gypse.

Les nouveaux essais ont porté sur des grès durs situés à proximité de la poudrerie du Bouchet, de la nature de ceux qu'on exploite pour le pavage des rues de Paris.

On a comparé les effets de la poudre à canon ordinaire, de la poudre au picrate de potasse et du coton-poudre.

Les trous forés dans la roche étaient verticaux et avaient un diamètre de 32^{mm} à 35^{mm} sur $1^{m},25$ de profondeur.

La longueur de chaque charge était de 50^{cm} et comprenait un poids uniforme de 300^{gr} pour la poudre à canon et pour celle au picrate de potasse, et de 100^{gr} pour le coton-poudre.

Le bourrage a été fait au moyen de terre glaise humide.

Pour la poudre à canon, la pression produite a été de 821^{kg} avec un bourrage de 600^{gr}, et de 1773^{kg} avec un bourrage de 1200^{gr}.

Pour la poudre au picrate de potasse, la pression produite a été de 3008^{kg} avec un bourrage de 1200^{gr}.

Enfin, pour le coton-poudre, dont la charge était trois fois moindre, la pression produite a été de 1227^{kg} avec un bourrage de 300^{gr}.

Ces essais seront continués.

Paris, le 12 février 1891.

Vu :

Le président, BERTHELOT.

Le secrétaire, P. VIEILLE.

ANNEXE.

COMPOSITION DE LA COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES AU 31 DÉCEMBRE 1890.

Par décision ministérielle du 26 janvier 1890, M. le capitaine d'artillerie Lardillon a été nommé membre adjoint de la commission, en remplacement de M. le chef d'escadron Abaut, changé de garnison.

Par décision ministérielle du 30 avril 1890, M. le capitaine d'artillerie de la marine Gerbault a été nommé membre adjoint de la commission, en

Digitized by Google

remplacement de M. le chef d'escadron Jacob de Marre, appelé à une destination coloniale.

Par décision ministérielle du 1er juillet 1890, M. le chef d'escadron d'artillerie de la marine Brisse a été nommé membre adjoint de la commission, en remplacement de M. le chef d'escadron Vuillemin, mis en non-activité pour infirmités temporaires.

Par décision ministérielle du 7 octobre 1890, M. le colonel d'artillerie de la marine de la Rocque a été nommé membre titulaire de la commission, en remplacement de M. le général Sebert, admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Enfin, par décision ministérielle du 10 juin 1890, ont été nommés membres adjoints et temporaires de la Commission des substances explosives :

MM. Massieu, inspecteur général des mines ;
Pontzen, ingénieur civil ;
Blagé, directeur de la Cie des chemins de fer du midi.

En conséquence, la composition de la commission, au 31 décembre 1890, est la suivante :

MM. Berthelot, président ;
Castan, membre titulaire ;
Cornu, membre titulaire ;
Haffen, membre titulaire ;
Lambert, membre titulaire ;
de la Rocque, membre titulaire ;
Sarrau, membre titulaire ;
Vieille, membre titulaire, secrétaire ;
Bertrand, membre adjoint ;
Brisse, membre adjoint ;
Brugère, membre adjoint ;
Bruneau, membre adjoint ;
Désortiaux, membre adjoint ;
Gerbault, membre adjoint ;
Lardillon, membre adjoint ;
Liouville, membre adjoint ;
Louis, membre adjoint ;
Massieu, membre adjoint et temporaire ;
Pontzen, membre adjoint et temporaire ;
Blagé, membre adjoint et temporaire.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE DU TOME IV.

Digitized by Google

DEUXIÈME PARTIE.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

Digitized by Google

Digitized by Google

FRANCE[1].

N° 96.

INSTRUCTIONS SUR LA FABRICATION DES POUDRES DE LA MARINE.

(Lettre collective n° 14.)

Paris, le 10 septembre 1887.

Messieurs, je vous adresse, ci-jointes, les instructions sur la fabrication des poudres de la marine ci-après désignées : F_2, $2^{mm},5$ à 6^{mm}, R, A $\frac{8}{11}$ paraffinée, A $\frac{13}{20}$, A $\frac{30}{40}$, PB_1, PB_2, PB_3.

Pour le ministre et par son ordre :

L'inspecteur général, directeur,

G. MAUROUARD.

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre F_2, pour fusil modèle 1878 de la marine.

I. — Dosage.

La poudre F_2 est au dosage de 75 pour 100 de salpêtre, 10 pour 100 de soufre et 15 pour 100 de charbon ; le charbon est du charbon noir de bourdaine, au rendement de 28 à 32 pour 100.

II. — Trituration préalable des composants.

Suivant les circonstances et le nombre des tonnes disponibles, on emploie l'une ou l'autre des deux méthodes suivantes pour la trituration préalable :

(1) Voir 1 *3, 2 *3 et 3 *3 les n°s 1 à 95.

Digitized by Google

a. On prépare deux binaires, savoir :

Binaire salpètre.	Salpètre.	112kg,50	120kg avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm.
	Charbon.	7kg,50	
Binaire soufre..	Soufre...	45kg,00	90kg avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm.
	Charbon.	45kg,00	

3 tonnes salpètre et 1 tonne soufre donnent 450kg de matières.

La durée de la trituration de chaque binaire est de 6 heures, chargement et déchargement compris, la vitesse des tonnes de 25 tours par minute.

Les deux binaires sont tamisés à la perce de 0mm,65. On pèse ensuite 16kg binaire salpètre et 4kg binaire soufre pour former une charge de meules ; on mouille les 20kg de 1kg,50 d'eau qu'on répartit par un bon touillage.

On porte aux meules.

b. On prépare un seul binaire :

Binaire soufre..	Soufre...	45kg,00	112kg,50 avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm.
	Charbon.	67kg,50	

La durée de la trituration est de 6 heures, chargement et déchargement compris, la vitesse de 25 tours par minute.

Le binaire soufre est tamisé à la perce de 0mm,65 ; on en pèse 5kg qu'on arrose de 1kg,50 d'eau ; on ajoute 15kg de salpètre préalablement tamisé à la perce de 2mm,5 ; on répartit l'humidité par un bon touillage.

On porte aux meules.

III. — Trituration par meules.

La charge de 20kg mise aux meules est triturée pendant 3 heures environ, à la vitesse de 10 tours par minute.

Pendant la trituration, on fait des arrosages variables suivant la température et la saison ; on les règle de telle sorte que les matières sortant des meules contiennent de 3 à 3,5 pour 100 d'eau.

On décharge ordinairement sans galetage.

Les poussiers repassent aux meules par charges de 20kg. On les amène à 6 pour 100 d'humidité environ au chargement. La durée de leur trituration est de 20 minutes, chargement et déchargement non compris.

La durée de la trituration des compositions varie suivant le besoin ; l'indication de 3 heures ci-dessus donnée se rapporte à la durée moyenne.

IV. — Grenage.

Les matières sortant des meules sont concassées ; on sépare les pâtes

Digitized by Google

molles par un tamisage à la perce de $1^{mm},4$ et on retire le poussier par un second tamisage à la perce de $0^{mm},8$.

Le grenoir est monté aux perces de $1^{mm},4$ et $0^{mm},8$.

L'humidité avant lissage est de 2,60 à 3 pour 100.

V. — Lissage.

La charge d'un compartiment de tonne-lissoir est de 280^{kg} environ. On lisse à la vitesse de 14 tours par minute pendant 10 heures ; les portes latérales restent ouvertes pendant les 6 premières heures ; on les ferme ensuite pendant 2 heures ; à 8 heures, on les ouvre, on ajoute $1^{kg},500$ de soufre pulvérisé et on laisse tourner à portes ouvertes pendant 2 heures. La densité gravimétrique finale doit être comprise entre 0,930 et 0,950.

VI. — Séchage.

Si le grain n'est pas assez sec au sortir du lissoir, on le porte au séchoir à vapeur ; l'humidité du grain fini ne doit pas être supérieure à 1,10 pour 100.

VII. — Égalisage.

Le grain sec est surégalisé au tamis de $1^{mm},4$ et épousseté au tamis de $0^{mm},65$, de manière à obtenir le nombre de grains au gramme compris entre 1500 et 1600.

VIII. — Assortissage.

Les lots de poudre F_2 sont de 10000^{kg}. Pour les obtenir, on forme des mélanges partiels avec 10 compartiments de lissoir, et on détermine leurs qualités. On compose ensuite un lot au moyen de 4 de ces mélanges partiels choisis de manière à obtenir, dans le mélange final, les qualités requises.

IX. — Emballage.

La poudre F_2 est pesée, par charges de 50^{kg}, dans des sacs ordinaires qu'on renferme dans des barils de 50^{kg} de guerre.

Pour chaque lot, on enfonce deux barils en sus du nombre de 200, nécessaire pour faire les 10000^{kg} ; on prélève 2 barils sur le total, pour servir d'échantillon.

X. — Conditions de recette.

Les échantillons des lots présentés à la réception sont adressés à la poudrerie de Sevran-Livry, pour la Commission de réception des poudres de la marine, et soumis aux épreuves réglementaires.

Les conditions de réception sont les suivantes :

Densité gravimétrique	0,935 à 0,945
Nombre de grains au gramme	1500 à 1600

Digitized by Google

TIR DANS LE FUSIL MODÈLE 1878 AVEC LE CHARGEMENT MODÈLE 1874.

V_0 moyen..... 426^m à 434^m

Paris, le 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^{al} FERRON.

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre de 2^{mm},5 à 6^{mm}, pour canon de 65^{mm}.

I. — Dosage.

Dosage et charbon ordinaires de guerre.

II. — Trituration binaire.

On fait un seul binaire, le binaire soufre.

Chaque tonne binaire reçoit.. { 45^{kg} de soufre..... / 67^{kg},50 de charbon.. } soit 112^{kg},50

avec 158^{kg} de gobilles en bronze de 12^{mm} à 15^{mm} de diamètre.

La durée de trituration est de 3 heures tout compris, à raison de 25 tours par minute.

III. — Trituration par meules.

5^{kg} de binaire soufre sont arrosés avec 1^{kg},50 d'eau, on ajoute ensuite 15^{kg} de salpêtre tamisé à 2^{mm},5. On obtient ainsi des charges de 20^{kg} pour les meules.

La durée de la trituration des compositions est de 35 minutes, chargement et déchargement non compris.

On forme, avec les compositions et les poussiers (1), des repassages qui sont triturés 20 minutes.

L'humidité au moment du déchargement est déterminée par l'humidité nécessaire pour les matières de la presse.

IV. — Préparation des matières pour la presse.

Les repassages sortant des meules sont concassés à la main avec des

---

(1) La proportion des compositions et des poussiers à employer résulte du rendement de la fabrication, lequel paraît être d'environ 50 pour 100.

Digitized by Google

maillets sans pointes, puis portés au grenoir, où on les grène à la perce de 7^{mm} en toile métallique.

Les matières sortant du grenoir sont ensuite mélangées méthodiquement, de façon à ramener leur humidité entre 3 et 3,50 pour 100.

V. — Compression.

Pour la compression, on peut employer des plaques en caoutchouc de 70^{cm} de côté, sur lesquelles la matière est mesurée à l'aide d'un cadre de 10^{mm} d'épaisseur. Si l'on se sert de presses à piston de 45^{cm} de diamètre, actionnées par des pompes mues mécaniquement, le piston de la presse monte d'une vitesse à peu près uniforme depuis le moment où commence l'injection jusqu'à celui où l'on ouvre le robinet de décharge.

La durée de la compression est ainsi de 35 à 40 minutes ; on ne maintient pas la pression à la fin de l'opération. Le manomètre atteint 40 à 50 atmosphères.

On règle l'épaisseur de la galette, qui est d'environ 6^{mm}, de façon à avoir une densité de 1,660 à 1,670.

VI. — Grenage.

Les galettes de la presse sont concassées à la main avec des maillets sans pointes, puis portées au grenoir, où elles sont grenées entre les perces de 6^{mm} (en peau) et $2^{mm},5$ (en toile métallique).

VII. — Lissage.

On charge 300^{kg} environ de grains par compartiment de tonne de lissage.

La durée du lissage est de 14 heures et demie à la vitesse de 14 tours ; pendant toute la durée de l'opération, sauf la dernière demi-heure, les portes latérales restent fermées.

VIII. — Séchage.

Le grain libre est séché au séchoir ordinaire : 4 heures de séchage suffisent pour ramener la poudre au-dessous de 1 pour 100 d'humidité.

IX. — Égalisage.

On termine par un égalisage et époussetage avec des perces semblables à celles du grenage.

X. — Qualités physiques.

Les qualités physiques, dans le courant de la fabrication, ont été, en moyenne, pour un lot de 10000^{kg} livré, en 1886, par la poudrerie de Sevran-Livry :

Digitized by Google

	Densité.	Humidité (1) pour 100.
Avant lissage	1,670	3,20
Après lissage	1,745	1,75
Après séchage et tamisage	1,735	1,00

Les qualités physiques de la poudre terminée sont les suivantes :

Densité réelle	comprise entre 1,720 et 1,750
Nombre de grains au kilogramme	environ 26000
Humidité pour 100	comprise entre 1,00 et 1,10

XI. — Emballage.

La poudre peut être renfermée, soit dans des sacs en toile à fond circulaire contenant 100^{kg} de poudre et placés dans des chapes de guerre de 50^{kg}, soit dans des caisses zinguées réglementaires contenant 60^{kg} de poudre.

XII. — Conditions de recette.

Les conditions de recette de la poudre à grains de 2^{mm},5 à 6^{mm} sont les suivantes :

TIR DANS LE CANON DE 65^{mm}, MODÈLE 1881.

Poids du projectile		2^{kg},700
Charge de poudre		0^{kg},360
Densité du chargement		0,738
Vitesse initiale...	supérieure	350^{m},50
	inférieure	341^{m},50
Écart moyen maximum		2^{m},50
Pression maximum		1300^{kg}

Paris, le 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^{al} FERRON.

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre R pour canons-révolvers.

I. — Dosage.

La poudre R est au dosage de 75 pour 100 de salpêtre, 10 pour 100 de

(1) Mesurée d'après la méthode employée ordinairement à Sevran pour les poudres de la marine, c'est-à-dire par une dessiccation de 3 heures à la température de 70°.

Digitized by Google

soufre et 15 pour 100 de charbon ; le charbon est du charbon noir de bourdaine, au rendement de 28 à 32 pour 100.

II. — Trituration préalable des composants.

Suivant les circonstances et le nombre des tonnes disponibles, on emploie l'une ou l'autre des deux méthodes suivantes pour la trituration préalable :

a. On prépare deux binaires, savoir :

Binaire salpêtre.	Salpêtre. 112kg,50 Charbon. 7kg,50	120kg	avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm.
Binaire soufre..	Soufre... 45kg,00 Charbon. 45kg,00	90kg	avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm.

3 tonnes salpêtre et 1 tonne soufre donnent 450kg de matières.

La durée de la trituration de chaque binaire est de 6 heures, chargement et déchargement compris, la vitesse des tonnes de 25 tours par minute.

Les deux binaires sont tamisés à la perce de 0mm,65. On pèse ensuite 16kg binaire salpêtre et 4kg binaire soufre pour former une charge de meules ; on mouille les 20kg de 1kg,500 d'eau qu'on répartit par un bon touillage.

On porte aux meules.

b. On prépare un seul binaire.

Binaire soufre..	Soufre... 45kg,00 Charbon. 67kg,50	112kg,50	avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm.

La durée de la trituration est de 6 heures, chargement et déchargement compris, la vitesse de 25 tours par minute.

Le binaire soufre est tamisé à la perce de 0mm,65 ; on en pèse 5kg qu'on arrose de 1kg,50 d'eau ; on ajoute 15kg de salpêtre préalablement tamisé à la perce de 2mm,5 ; on répartit l'humidité par un bon touillage. On porte aux meules.

III. — Trituration par meules.

La charge de 20kg mise aux meules est triturée pendant 4 heures environ à la vitesse de 10 tours par minute.

Pendant la trituration, on fait des arrosages variables suivant la température et la saison ; on les règle de telle sorte que les matières sortant des meules contiennent 3,0 à 3,5 pour 100 d'eau.

On décharge ordinairement sans galetage.

Les poussiers repassent aux meules par charges de 20kg. On les amène

Digitized by Google

à 6 pour 100 d'humidité environ au chargement. La durée de leur trituration est de 20 minutes, chargement et déchargement non compris.

La durée de la trituration des compositions varie suivant le besoin ; l'indication de 4 heures ci-dessus donnée se rapporte à la durée moyenne.

IV. — Grenage.

Les matières sortant des meules sont concassées ; on en sépare ensuite les pâtes molles par un tamisage à la perce de 2^{mm} ; la partie qui a traversé ce premier tamis est reprise sur un second tamis à la perce de 1^{mm}, qui enlève le poussier et donne le grain dit de pâtes molles.

Le produit du concassage, débarrassé des pâtes molles et poussiers, est porté au grenoir monté aux perces de 2^{mm} et 1^{mm}. On emploie, soit le grenoir à cylindre, soit le grenoir à retour.

Le grain obtenu est mêlé au grain de pâtes molles au moment du lissage. On laisse, au besoin, essorer les grains de telle sorte que l'humidité avant lissage soit d'environ 2,50 pour 100.

V. — Lissage.

La charge d'un compartiment de tonne-lissoir est de 280^{kg} environ. On lisse à la vitesse de 14 tours par minute pendant environ 14 heures, en fermant et ouvrant alternativement les portes latérales des tonnes, afin de sécher autant que possible le grain pendant le lissage. On règle le travail de manière à atteindre une densité gravimétrique supérieure à 0,940.

VI. — Séchage.

Si le grain n'est pas sec au sortir du lissoir, on le porte au séchoir à vapeur; l'humidité du grain fini ne doit pas être supérieure à 1,10 pour 100.

VII. — Égalisage.

Le grain sec est surégalisé au tamis de 2^{mm} et épousseté sur un tamis de 1^{mm} ou de $0^{mm},8$, de manière à obtenir un nombre de grains au gramme compris entre 750 et 800.

VIII. — Assortissage.

Les lots de poudre R sont de 10000^{kg}. Pour les obtenir, on forme des mélanges partiels avec 10 compartiments de lissoir et on détermine leurs qualités. On compose ensuite un lot moyen de 4 de ces mélanges partiels, choisis de manière à obtenir, dans le mélange final, les qualités requises.

IX. — Emballage.

La poudre est pesée par charges de 50^{kg} dans des sacs ordinaires qu'on renferme dans des barils de 50^{kg} de guerre.

Digitized by Google

Par chaque lot, on enfonce 2 barils en sus du nombre de 200, nécessaire pour faire les 10000^{kg}; on prélève 2 barils sur le total pour servir d'échantillon.

X. — Conditions de recette.

Les échantillons des lots présentés à la réception sont adressés à la poudrerie de Sevran-Livry, pour la Commission de réception des poudres de la marine, et soumis aux épreuves réglementaires.

Les conditions de réception sont les suivantes :

Nombre de grains au gramme ..... 750 à 800

TIR DANS LE CANON-RÉVOLVER DE 37^{mm} A LA CHARGE DE 80^{gr},5 AVEC OBUS LESTÉ A 455^{gr}.

Nombre de coups.....	5
V_0 moyen.....	402^{m} à 411^{m}
Écart moyen.....	inférieur à 1^{m},50

Paris, le 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^{al} FERRON.

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre $A\frac{8}{11}$ paraffinée.

I. — Dosage.

Salpêtre.....	75
Soufre.....	10
Charbon	10
Paraffine.....	5

Le charbon est du charbon noir de guerre, au rendement de 3 pour 100 environ.

II. — Préparation des matières premières.

Le salpêtre est simplement tamisé à 2^{mm},5.

Le soufre est pulvérisé dans une tonne en cuir (tonne ternaire) à la charge de 30^{kg} par compartiment de tonne avec 30^{kg} de gobilles en bronze de 7^{mm}. La trituration dure 2 heures, à la vitesse de 20 tours par minute. La matière est ensuite tamisée à la perce de 0^{mm},65.

Le charbon et la paraffine sont agglomérés ensemble de la façon suivante :

Le charbon est rigoureusement trié, pesé par charge de 16^{kg} renfermées

Digitized by Google

dans un sac, et trempé dans l'eau, de façon à le mouiller complètement, puis porté sous les meules; la paraffine, reçue en tables et découpée en copeaux à l'aide d'une sorte de hachoir à main, pesée par charges de 8^{kg}, est ajoutée au charbon sous les meules. On a ainsi des charges de 24^{kg} que l'on triture une heure, non compris le chargement et le déchargement, sous les meules non suspendues : on ne fait pas d'arrosage.

La trituration s'effectue sans poussière, et l'on retire des meules des galettes marbrées parfaitement homogènes de charbon paraffiné, ayant environ 970 de densité et 4,50 pour 100 d'humidité.

Ces galettes sont concassées et l'on en prend l'humidité pour pouvoir composer les charges des meules.

III. — Trituration par meules.

Les charges sont formées de 15^{kg} de salpêtre, 2^{kg} de soufre et 3^{kg} (poids sec) de charbon paraffiné, puis arrosées avec $1^{kg},200$ d'eau et touillées.

La durée de trituration est de 2 heures et demie, y compris le chargement et le déchargement, sous les meules suspendues. Les matières sont déchargées à une humidité de 3,0 à 3,5 pour 100.

L'utilisation des barbes se fait d'après le rendement.

IV. — Préparation des matières pour la presse.

Les galettes des meules sont concassées à la main avec des maillets en bois et grenées à $2^{mm},5$; puis on mélange les matières de façon à avoir une humidité de 3 à 3,20 pour 100.

V. — Presse.

Le galetage peut se faire à l'aide d'une presse à piston de 45^{cm}, actionnée par une pompe mue mécaniquement; le mouvement ascensionnel du piston, qui dure environ 35 minutes, est à peu près uniforme.

On peut employer des plaques en caoutchouc durci de 70^{cm} de côté et des cadres de moulage de 16^{mm} d'épaisseur. La pression au manomètre atteint alors 100 atmosphères et la densité de la galette 1,700 à 1,710.

VI. — Grenage.

Le grenage se fait mécaniquement au moyen d'un couteau à découper.

VII. — Lissage.

On lisse dans les tonnes ordinaires, à raison de 2 heures à la vitesse de 7 tours, portes latérales fermées; 12 heures à la vitesse de 14 tours, portes latérales fermées; demi-heure à la vitesse de 14 tours, portes latérales ouvertes.

Digitized by Google

VIII. — Séchage.

Le séchage à l'étuve, à la température de 40° à 45°, exige environ 2 jours, si l'étuve n'est chauffée que pendant la journée.

IX. — Époussetage.

La poudre est tamisée sur un tamis en peau de 10^{mm}.

X. — Qualités physiques.

Les qualités physiques, en cours de fabrication, sont en moyenne les suivantes :

	Avant lissage.	Après lissage.	Après lissage et séchage.
Densité réelle.....	1,695	1,736	1,731
Humidité pour 100.	2,84	1,77	0,74

Les qualités physiques de la poudre terminée sont les suivantes :

Densité réelle.....	environ 1,720 à 1,750
Nombre de grains au kilogramme.....	environ 625
Humidité pour 100.....	comprise entre 0,70 et 0,90

XI. — Emballage.

La poudre peut être enfermée, soit dans des sacs en toile à fond circulaire contenant 100^{kg} de poudre, et placés dans des chapes de guerre de 50^{kg}, soit dans des caisses zinguées réglementaires contenant jusqu'à 64^{kg} de poudre.

XII. — Conditions de recette.

Les conditions de recette de la poudre $A\frac{8}{11}$ paraffinée sont les suivantes (1) :

TIR DANS LE CANON DE 10^{cm} MODÈLE DE 1875 M.

Poids du projectile (montage du 9 juillet 1880) .		14^{kg},
Charge de poudre		4^{kg}, 50
Densité du chargement.....		0,965
Vitesse initiale	supérieure	513^{m}
	inférieure.....	504^{m}
Écart moyen maximum.....		2^{m}, 50
Pression à la culasse...	inférieure à	2500^{kg}

Paris, le 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

Gal FERRON.

(1) Voir ci-après la lettre collective n° 18 du 25 août 1888.

Digitized by Google

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre A_{20}^{13} pour la marine.

I. — Dosage.

La poudre A_{20}^{13} est au dosage de 75 pour 100 de salpêtre, 10 pour 100 de soufre et 15 pour 100 de charbon; le charbon est du charbon noir de bourdaine au rendement de 28 à 32 pour 100.

II. — Trituration préalable des composants.

Suivant les circonstances et le nombre des tonnes disponibles, on emploie l'une ou l'autre des deux méthodes suivantes pour la trituration préalable.

a. On prépare deux binaires, savoir :

Binaire salpêtre.	Salpêtre.	$112^{kg},50$	120^{kg} avec 150^{kg} de gobilles en bronze de 12^{mm} à 15^{mm}.
	Charbon.	$7^{kg},50$	
Binaire soufre..	Soufre...	$45^{kg},00$	90^{kg} avec 150^{kg} de gobilles en bronze de 12^{mm} à 15^{mm}.
	Charbon.	$45^{kg},00$	

3 tonnes salpêtre et 1 tonne soufre donnent 450^{kg} de matières.

La durée de la trituration de chaque binaire est de 6 heures, chargement et déchargement compris, la vitesse des tonnes de 25 tours par minute.

Les deux binaires sont tamisés à la perce de $0^{mm},65$. On pèse ensuite 16^{kg} binaire salpêtre et 4^{kg} binaire soufre pour former une charge de meules. On mouille les 20^{kg} de $1^{kg},50$ d'eau qu'on répartit par un bon touillage.

On porte aux meules.

b. On prépare un seul binaire :

Binaire soufre..	Soufre...	$45^{kg},00$	$112^{kg},50$ avec 150^{kg} de gobilles en bronze de 12^{mm} à 15^{mm}.
	Charbon.	$67^{kg},50$	

La durée de la trituration est de 6 heures, chargement et déchargement compris, la vitesse de 25 tours par minute.

Le binaire soufre est tamisé à la perce de $0^{mm},65$; on en pèse 5^{kg} qu'on arrose de $1^{kg},50$ d'eau, on ajoute 15^{kg} de salpêtre préalablement tamisé à la perce de $2^{mm},5$; on répartit l'humidité par un bon touillage. On porte aux meules.

III. — Trituration par meules.

La charge de 20^{kg} est portée aux meules; la durée de la trituration est de 1 heure à 1 heure et demie, chargement et déchargement compris ; on

Digitized by Google

arrose, s'il y a lieu, de manière à laisser à la matière, au moment du déchargement, 3 pour 100 d'eau environ. On ne fait pas de galetage.

Les matières provenant de la trituration des compositions sont concassées grossièrement; on forme ensuite des charges de matières de compositions et de matières provenant de l'ébarbage ou du découpage, dans la proportion du rendement, soit 13^{kg} de compositions et 7^{kg} de barbes. Ces charges repassent aux meules pendant une demi-heure à trois quarts d'heure, tout compris. Les barbes et grains à repasser doivent être humectés et concassés avant de repasser sous les meules; cette préparation donne aux repassages une humidité suffisante pour qu'il n'y ait pas besoin de les arroser.

On décharge sans galetage.

IV. — Préparation pour la presse.

Les repassages, au sortir des meules, sont concassés au maillet et passent, soit à la tonne grenoir, soit au grenoir à cylindres montés à la perce de $2^{mm},5$, en toile métallique.

Les matières provenant du grenoir sont mises à essorer pendant un temps variable, suivant le taux d'humidité qu'elles contiennent; on les verse ensuite dans de grandes maies, où on les assortit de manière à former des mélanges homogènes, ayant une humidité moyenne de 3 pour 100, que l'on porte à la presse.

V. — Compression.

La compression à la presse se fait entre des plaques de cuivre et des toiles à baguettes; les baguettes en cuivre engagées dans les toiles ont pour section un triangle isocèle de 6^{mm} de base et 5^{mm} de hauteur; elles sont espacées de 22^{mm} d'axe en axe.

Pour mesurer la matière, on se sert d'un cadre en chêne de 22^{mm} à 24^{mm} d'épaisseur. On conduit l'opération de manière à réduire l'épaisseur de la galette à 13^{mm} environ et à obtenir une densité moyenne comprise entre 1,780 à 1,820.

VI. — Grenage.

Les galettes de la presse sont ébarbées en enlevant, sur les quatre côtés, deux bandes de grains.

On les divise en grains suivant les lignes de rupture marquées par les baguettes; pour cela, on fait une première division en bandes à l'aide d'une mâchoire garnie de cuivre, et on divise ensuite les bandes en grains au moyen de la machine à deux cylindres garnis de caoutchouc.

VII. — Lissage.

Les grains obtenus sont portés au lissoir; la charge d'un compartiment

Digitized by Google

de tonne est d'environ 300^{kg}. — La durée du lissage, qui commence à la petite vitesse, est d'environ 12 heures; on ouvre une ou deux fois les portes pour laisser l'humidité s'échapper. On décharge le grain à l'humidité d'environ 2,25 pour 100 et à la densité de 1,830.

VIII. — Séchage.

Le séchage se fait à la température d'environ 55°, soit à l'étuve, soit au séchoir à vapeur; dans ce dernier, on enveloppe la poudre de couvertures en laine. On laisse séjourner la poudre jusqu'à ce que l'humidité soit réduite à moins de 1,10 pour 100; la durée totale du séchage est de 3 à 5 jours.

IX. — Assortissage.

Les lots de poudre $\frac{13}{20}$ pour la Marine sont de 20,000^{kg}; ils se composent d'environ 75 compartiments de lissoirs. Pour les former, on fait des mélanges partiels de 20 à 25 compartiments; on les soumet à l'épreuve de tir et on assortit les mélanges d'après les résultats du tir pour former un lot; les mélanges partiels ou définitifs se font, en même temps que l'égalisage, en versant sur un tamis en peau, à la perce de 17^{mm}, une sébille de chacune des unités à mélanger et donnant quelques coups de tamis. Les grains trop petits tombent; les grains doubles sont enlevés à la main, les déchets retournent aux repassages. Les bons grains mélangés sont mis dans les barils.

X. — Conditions de recette.

Les conditions de réception de la poudre $\frac{13}{20}$ pour la marine sont fixées comme il suit :

Densité réelle.....	supérieure à 1,790
Humidité pour 100.....	comprise entre 1 et 1,10
Épaisseur moyenne	13^{mm}, avec tolérance de 0^{mm},5 en plus ou en moins.

TIR DANS LE CANON DE 10^{cm} MODÈLE 1870-75 M.

Charge 4^{kg},50. Projectile 14^{kg}.	Vitesse initiale.....	comprise entre 504^{m} et 513^{m}
	Écart moyen sur 3 coups ...	inférieur à 2^{m},50
	Pression moyenne à la culasse	inférieure à 2650^{kg}

XI. - Emballage.

La poudre $A^{\frac{13}{20}}$ destinée à la marine est pesée par quantités de 100^{kg} qui sont mises dans des sacs à fond circulaire; ces sacs sont fermés par une ficelle plombée et contenus dans des chapes de 50^{kg}.

Digitized by Google

Pour chaque lot, on enfonce 201 chapes, et l'on en prélève une au hasard, pour l'expédier à la Commission de réception de Sevran-Livry.

Paris, le 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^al^ FERRON.

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre $A\frac{30}{40}$, pour la marine.

I. — Dosage.

La poudre $A\frac{30}{40}$ est au dosage de 75 pour 100 de salpêtre, 10 pour 100 de soufre et 15 pour 100 de charbon; le charbon est du charbon noir de bourdaine au rendement de 28 à 32 pour 100.

II. — Trituration préalable des composants.

Suivant les circonstances et le nombre de tonnes disponibles, on emploie l'une ou l'autre des deux méthodes suivantes pour la trituration préalable.

a. On prépare deux binaires, savoir :

		kg	
Binaire salpêtre.	Salpêtre...	112,50	120kg avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm
	Charbon...	7,50	
Binaire soufre.	Soufre....	45,00	90kg avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm
	Charbon...	45,00	

3 tonnes salpêtre et 1 tonne soufre donnent 450kg de matières.

La durée de la trituration de chaque binaire est de 6 heures, chargement et déchargement compris, la vitesse des tonnes de 25 tours par minute.

Les deux binaires sont tamisés à la perce de 0mm,65. On pèse ensuite 16kg binaire salpêtre et 4kg binaire soufre pour former une charge de meules; on mouille les 20kg de 1kg,50 d'eau qu'on répartit par un bon touillage. On porte aux meules.

b. On prépare un seul binaire :

		kg	
Binaire soufre.	Soufre.....	45,00	112kg,50 avec 150kg de gobilles en bronze de 12mm à 15mm
	Charbon...	67,50	

La durée de la trituration est de 6 heures, chargement et déchargement compris, la vitesse de 25 tours par minute.

Digitized by Google

Le binaire soufre est tamisé à la perce de $0^{mm},65$; on en pèse 5^{kg} qu'on arrose de $1^{kg},50$ d'eau, on ajoute 15^{kg} de salpêtre préalablement tamisé à la perce de $2^{mm},5$; on répartit l'humidité par un bon touillage. On porte aux meules.

III. — Trituration par meules.

La charge de 20^{kg} est portée aux meules; la durée de la trituration est de trois quarts d'heure à 1 heure, chargement et déchargement compris; on arrose, s'il y a lieu, de manière à laisser à la matière, au moment du déchargement, 3 pour 100 d'eau environ. On ne fait pas de galetage.

Les matières provenant de la trituration des compositions sont concassées grossièrement; on forme ensuite des charges de matières de composition et de matières provenant de l'ébarbage ou du découpage, dans la proportion du rendement, soit environ 13^{kg} de composition et 7^{kg} de barbes. Ces charges repassent aux meules pendant une demi-heure à trois quarts d'heure, tout compris. Les barbes et grains à repasser doivent être humectés et concassés avant de repasser sous les meules; cette préparation donne aux repassages une humidité suffisante pour qu'il n'y ait pas besoin de les arroser. On décharge sans galetage.

IV. — Préparation pour la presse.

Les repassages, au sortir des meules, sont concassées au maillet et passent soit à la tonne-grenoir, soit au grenoir à cylindres, montés à la perce de 7^{mm} en toile métallique.

Les matières provenant du grenoir sont mises à essorer pendant un temps variable, suivant le taux d'humidité qu'elles contiennent; on les verse ensuite dans de grandes maies, où on les assortit de manière à former des mélanges homogènes, ayant une humidité moyenne de 3,30 pour 100, que l'on porte à la presse.

V. — Compression.

La compression à la presse hydraulique se fait entre des plaques de cuivre et des toiles à baguettes; les baguettes en cuivre, engagées dans la toile, ont pour section un triangle isocèle de 6^{mm} de base et $6^{mm},5$ de hauteur; elles sont espacées de 40^{mm} d'axe en axe.

Pour mesurer la matière, on se sert de deux cadres en chêne superposés; le cadre inférieur a 20^{mm} de hauteur et reste en place pendant la compression pour maintenir la matière; le cadre supérieur, qui s'enlève après le moulage, a de 35^{mm} à 39^{mm} de hauteur; la matière est donc moulée à l'épaisseur de 55^{mm} à 59^{mm}. Quand on se sert de presse Morane à piston de 45^{mm}, les deux cadres ont 55^{cm} de côté; on superpose 15 ou 16 galettes pour former une pressée; on fait monter le piston d'un mouvement uni-

Digitized by Google

forme et l'on détermine la réduction de hauteur de telle sorte que l'épaisseur des galettes comprimées soit réduite à 30^{mm} et que la densité moyenne soit comprise entre 1,780 et 1,830. La durée de la montée du piston est comprise entre trente-cinq et quarante-cinq minutes; on ne maintient pas d'ordinaire la pression à la fin de l'opération.

Dans les autres presses, la dimension des plaques, le nombre des galettes et la marche de l'opération varient, mais on conserve la hauteur des cadres, l'épaisseur et la densité finale des galettes.

VI. — Grenage.

Les galettes de la presse sont ébarbées en enlevant sur les quatre côtés une ou deux bandes de grains.

On les divise en grains suivant les lignes de rupture marquées par les baguettes; pour cela, on fait une première division en bandes, en choquant les galettes contre une arête vive en laiton ou en bois, et l'on divise les bandes en grains en frappant sur la face opposée aux lignes de rupture avec un petit maillot rond en bois.

VII. — Lissage.

Les grains obtenus sont portés au lissoir : on charge 300^{kg} à 320^{kg} par compartiment de tonne; le lissage dure environ 14 heures, dont 2 heures à la petite vitesse et le surplus à 14 tours, les portes latérales étant fermées. La densité au sortir du lissoir est d'environ 1,825 et l'humidité d'environ 2 pour 100.

Il se forme, pendant le lissage, une certaine quantité de gales qui adhèrent aux parois de la tonne; ces matières sont détachées après chaque opération, concassées et reversées dans les repassages.

VIII. — Séchage.

Le séchage se fait à la température d'environ 45° et, si c'est possible, à l'étuve; la poudre y séjourne de 3 à 6 jours, jusqu'à ce que l'humidité soit réduite à moins de 1,10 pour 100.

A défaut d'étuve, on emploie le séchoir à vapeur, en ayant soin d'envelopper la poudre dans des couvertures de laine, et de modérer la ventilation; dans ce cas, il est utile d'opérer comme il suit : on fait le séchage en deux fois; on décharge la poudre avant sa complète dessiccation; on la laisse pendant quelques jours dans un dépôt chauffé à 25° ou 30°, et on la remet ensuite au séchoir pour la ramener à l'humidité finale de 1,10 pour 100.

IX. — Assortissage.

Les lots de poudre $\frac{30}{40}$ pour la marine sont de 20 000^{kg}; ils se composent

Digitized by Google

d'environ 75 compartiments de lissoirs. Pour les former, on fait des mélanges partiels de 20 à 25 compartiments; on les soumet à l'épreuve de tir et l'on assortit les mélanges d'après les résultats du tir pour former un lot : les mélanges partiels et définitifs se font à la main; chaque ouvrier prend successivement 6 grains de chacune des poudres à mélanger et les porte dans le baril destiné à recevoir le mélange. On fait en même temps le triage; c'est-à-dire la séparation des grains cassés ou défectueux qui sont renvoyés aux repassages.

X. — Conditions de recette.

Les conditions de réception de la poudre A $\frac{30}{40}$ pour la marine sont fixées comme il suit :

Densité réelle.....	supérieure à 1,800
Humidité pour 100....	comprise entre 1 et 1,10
Épaisseur moyenne...	30^{mm} avec tolérance de $0^{mm},5$ en plus ou en moins

TIR DANS LE CANON DE 27^{cm} MODÈLE 1870 M.

Charge 62^{kg}....	Vitesse initiale.....	comprise entre 475^{mm} et 484^{mm}
Projectile 216^{kg}.	Écart moyen sur 3 coups.....	inférieur à $2^{m},50$
	Pression moyenne à la culasse.	inférieure à 2500^{kg}

XI. — Emballage.

La poudre A $\frac{30}{40}$ destinée à la marine est pesée par quantités de 100^{kg}, qui sont mises dans des sacs en toile à fond circulaire; ces sacs sont fermés par une ficelle plombée et contenus dans des chapes de 50^{kg}.

Pour chaque lot, on enfonce 204 chapes; on en prélève 4 au hasard pour les expédier à la Commission de réception de Sevran-Livry.

Paris, le 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^{al} FERRON.

Digitized by Google

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre prismatique brune pour canons de 37cm à 42cm (PB_1).

I. — Dosage.

Salpêtre.....	78
Soufre.....	3
Charbon.....	19

Le charbon est du charbon de bourdaine au rendement de 80 à 85 pour 100, obtenu dans les cylindres mobiles de carbonisation.

II. — Préparation des matières premières.

Le salpêtre est tamisé à $2^{mm},5$.

Pour le soufre et le charbon, on fait un binaire, mais auparavant le charbon est pulvérisé sec, par charges de 5^{kg}, sous les meules non suspendues; on fait tourner 15 ou 20 tours, on arrête et l'on décharge. Le produit du déchargement est tamisé à la perce de $0^{mm},65$; le produit du tamisage, qui dépasse 50 pour 100 du total, est employé à faire le binaire; le charbon qui n'a pas passé au tamis est trituré à nouveau sous les meules.

La tonne binaire reçoit 76^{kg} de charbon, 12^{kg} de soufre avec 150^{kg} de gobilles en bronze; la trituration dure quatre heures tout compris, à raison de 25 tours par minute.

Le binaire est ensuite tamisé à la perce de $0^{mm},65$.

III. — Trituration par meules.

Les charges de 20^{kg} pour les meules se composent de $15^{kg},60$ de salpêtre, $4^{kg},40$ de binaire; elles sont arrosées au dépôt avec $1^{kg},50$ d'eau, puis triturées pendant 2 heures $\frac{1}{2}$, chargement et déchargement compris.

A la mise en route, on arrose avec 1^{kg} d'eau, puis les arrosages se font par kilogramme, de façon à empêcher la matière de fumer, ce qui se produit quand elle n'a plus que 4,5 à 5 pour 100 d'eau. On ne fait pas de galetage.

VI. — Préparation des matières pour la presse prismatique.

Cette préparation comprend :

1° Le concassage des matières des meules;

2° La compression préalable à la presse hydraulique, en plaques lisses;

3° Le grenage des galettes ainsi obtenues;

4° Le lissage des grains destinés à la formation des grains prismatiques.

Digitized by Google

1° *Concassage des matières des meules.* — Les matières sont concassées grossièrement avec des maillets en bois, puis grenées à $2^{mm},5$ au grenoir ordinaire.

Le produit du grenage (grain et poussier) est mélangé avec les poussiers en grains trop fins, provenant des opérations ultérieures, dans la proportion du rendement 50 pour 100 environ; le mélange doit avoir une humidité de 4,50 pour 100.

2° *Compression préalable.* — On le comprime ensuite à la presse hydraulique sur des plaques de $0^{m},50$ de côté; en été, on peut employer des plaques de $0^{m},70$ de côté. La hauteur du cadre est de 13^{mm} et l'épaisseur de la galette obtenue 6^{mm} à 7^{mm}. La compression dure trente-cinq à quarante-cinq minutes, au bout desquelles on peut atteindre, en hiver, une pression de 75^{kg} par centimètre carré, on ne dépasse jamais cette pression; mais, s'il est nécessaire, on la maintient pendant plusieurs minutes.

Les galettes obtenues ont une densité de 1,840 à 1,850.

3° *Grenage des galettes.* — Le grenage des galettes se fait au grenoir à 4 cylindres, qui concasse et grène à la fois les galettes. Les perces employées sont $1^{mm},4$ et 3^{mm}; le rendement est voisin de 50 pour 100.

Les poussiers provenant du grenage des galettes sont mélangés avec le produit du concassage des matières des meules.

4° *Lissage des grains.* — Les grains obtenus, qui ont une densité de 1,740, sont lissés 1 heure $\frac{1}{2}$, par charges de 350^{kg}, dans un compartiment de tonne de lissage ordinaire complètement fermé, à raison de 14 tours par minute. A la fin de l'opération, on arrose le grain, en pluie très fine, avec une quantité d'eau suffisante pour lui donner une humidité de 4,50 pour 100; à cet effet, une épreuve d'humidité est faite sur la poudre avant lissage.

Le grain lissé est alors épousseté à la perce du grenage.

Le grain des différents compartiments est mélangé, par quantités de 350^{kg}, formant une série, de façon que la densité de chaque mélange soit comprise entre 1,770 et 1,780; cette opération est faite en même temps qu'un égalisage destiné à enlever les gales.

V. — Formation des grains prismatiques.

Les grains prismatiques s'obtiennent par la compression des grains ainsi préparés, aux presses hydrauliques munies de l'outillage système Bianchi. La durée de chaque opération est de 3 minutes $\frac{1}{2}$.

Les prismes obtenus ont $25^{mm},2$ à $25^{mm},3$ d'épaisseur et l'on règle la

Digitized by Google

charge de façon à avoir une densité de 1,845; la pression finale atteinte est de 300^{kg} par centimètre carré; on maintient cette pression pendant quelques instants.

VI. — Séchage.

Les grains sont rangés dans des casiers ou caisses plates sans couvercle, dont le fond est formé par une toile métallique; chaque caisse, contenant deux rangées de grains couchés suivant leur axe longitudinal, est portée à l'étuve où le séchage, sans ventilation artificielle, à une température qui ne dépasse pas 45°, dure sept jours environ à Sevran, l'étuve n'étant pas chauffée la nuit; elle doit être prolongée jusqu'à ce que la poudre soit ramenée à 2 pour 100 d'humidité. Chaque série est renfermée dans 16 casiers.

Après cette opération, la densité atteint 1,870, l'humidité 2 pour 100, l'épaisseur 25^{mm}.

VII. — Épreuves et conditions de réception.

Les épreuves de réception de la poudre PB_1 sont fixées comme il suit :

Conditions de tir.....	Canon de 27^{cm}, modèle 1870 M. Charge, 70^{kg}. Projectile de 216^{kg}; montage du 9 juillet 1880. Densité de chargement, 0,956. Nombre de coups, 3 à 5.
Conditions de recette.	Vitesse initiale de recette comprise entre 462^{m} et 471^{m}. Écart moyen des vitesses inférieur à 3^{m}. Pression de recette inférieure à 1650^{kg}. Épaisseur des grains comprise entre 24^{mm},2 et 25^{mm},8. Diamètre du cercle inscrit compris entre 34^{mm},0 et 34^{mm},5. Diamètre du trou central compris entre 9^{mm},1 et 10^{mm},0. Excentricité du trou central inférieure à 0^{mm},3.
Caractères physiques.	Densité réelle 1,870. Nombre de grains au kilogramme, 22 à 23. Humidité pour 100, 2,00 (1).

La marine se réserve de faire, toutes les fois qu'elle le jugera utile, une

(1) La lettre collective n° 1 du 15 janvier 1890 fixe les limites de 1,80 à 2,20 pour 100.

Digitized by Google

deuxième épreuve dans le canon de 42^{cm}, en fonte, qui se trouve à Gavre, dans les conditions suivantes :

Conditions de tir..... { Charge, 274^{kg}.
Projectile de 780^{kg}, montage du 22 janvier 1887.
Densité de chargement, 0,840.
Nombre de coups, 3 à 5.

Conditions de recette. { Vitesse initiale de recette comprise entre 525^{m},5 et 524^{m},5.
Écart moyen des vitesses, inférieur à 2^{m},5.
Pression de recette inférieure à 2250^{kg}.

En cas de désaccord entre les résultats dans le canon de 27^{cm} modèle 1870M et celui de 42^{cm}, la décision concernant la recette ou le rebut des lots sera prise d'après les résultats dans le canon de 42^{cm}.

Paris, 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^{al} FERRON.

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre prismatique pour canons de 24^{cm} à 34^{cm} inclus (PB_2).

La fabrication de la poudre PB_2 est la même que celle de la poudre PB_1; on modifie seulement la grosseur et la densité du grain qui est employé pour la formation des grains prismatiques.

Ordinairement, ce grain, retiré des galettes ayant de 1,800 à 1,820 de densité, a une grosseur comprise entre 1^{mm} et 2^{mm},5, et les grains prismatiques, après compression, ont une densité d'environ 1,835.

Les caractères physiques des grains secs sont, en moyenne, les suivants :

Densité réelle.....	1,860 à 1,870
Grains au kilog.....	22,5 à 24
Épaisseur moyenne.....	25^{mm}
Humidité pour 100.....	2,00 (1)

Les conditions de réception sont les suivantes :

---

(1) Voir la note précédente.

Digitized by Google

CANON DE 27^{cm} MOD. 1870 M.

Projectile de 216^{kg}, montage du 9 juillet 1880.

Charge.....	70^{kg}
Densité de chargement.....	0,956
Nombre de coups.....	3 à 5
V_0 moyen.....	513^{m} à 522^{m}
Écart moyen.....	2^{m},50
Pression à la culasse.....	2400^{kg}

L'épaisseur des grains doit être, comme pour la poudre PB_1, comprise entre 24^{mm},2 et 25^{mm},8; le diamètre du cercle inscrit entre 34^{mm} et 34^{mm},5; le diamètre du trou central doit être compris entre 9^{mm},1 et 10^{mm} et l'excentricité de ce trou doit être inférieure à 0^{mm},3.

Paris, le 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^{al} FERRON.

INSTRUCTION

Sur la fabrication de la poudre prismatique brune pour canons de 14^{cm} et de 16^{cm} (PB_3).

La fabrication de la poudre prismatique pour canons de 14^{cm} et 16^{cm} est la même que celle de la poudre PB_1; on modifie seulement la grosseur et la densité du grain employé pour la formation des grains prismatiques.

Ordinairement, ce grain, retiré des galettes ayant de 1,800 à 1,820 de densité, a une grosseur comprise entre 1^{mm},4 et la soie n° 1, et les grains prismatiques, après compression, ont une densité d'environ 1,825.

Les conditions de réception de cette poudre sont les suivantes :

Conditions de tir.	Canon de 14^{cm} modèle 1881. Charge, 12^{kg},300. Projectile de 30^{kg} (montage du 23 août 1886). Densité de chargement, 0,900. Nombre de coups, 3 à 5.
Conditions de recette.	Vitesse initiale de recette comprise entre 585^{mm},5 et 594^{mm},5. Écart moyen inférieur à 2^{m},50. Pression de recette inférieure à 2300^{kg}. Epaisseur des grains comprise entre 24^{mm},2 et 25^{mm},8. Diamètre du cercle inscrit compris entre 34^{mm},0 et 34^{mm},5. Diamètre du trou central compris entre 9^{mm},1 et 10^{mm}. Excentricité du trou central inférieure à 0^{mm},3.

Digitized by Google

Caractères physiques { Densité réelle, 1,850.
Nombre de grains au kilogramme, 22 à 23.
Humidité pour 100, 2,00 (1).

Paris, le 10 septembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^al FERRON.

N° 97.

EXPLOSION SURVENUE, LE 5 JUILLET 1887, AU DÉPOT N° 3 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-MÉDARD.

(Lettre collective n° 19.)

Paris, le 29 octobre 1887.

Messieurs, le 5 juillet dernier, une explosion d'une grande violence s'est produite à la poudrerie nationale de Saint-Médard dans le bâtiment n° 3, spécialement affecté au dépôt et à l'essorage du coton-poudre.

Le bâtiment contenait 300^kg environ de coton-poudre sec et de 1350^kg à 1400^kg de coton-poudre humide qui a été projeté de tous côtés, sans participer à la détonation du coton-poudre sec.

L'explosion a malheureusement coûté la vie à trois ouvriers; quant aux dégâts matériels, ils ont été à peu près localisés dans le dépôt, qui a été complètement rasé.

Je vous adresse, ci-joint, le rapport de l'inspecteur général, qui a été chargé de l'enquête réglementaire.

Il résulte de ce document que l'explosion s'est produite, soit à l'intérieur, soit à la porte du dépôt, pendant le déchargement d'un wagonnet servant au transport des résidus secs du tamisage du coton-poudre.

Cet accident vient ainsi justifier les appréhensions que causaient les manipulations du coton-poudre sec, et montrer, au contraire, l'innocuité du coton-poudre humide, au moins dans les conditions où l'accident s'est produit.

---

(1) Voir la note de la p. *23.

Digitized by Google

Il montre, en outre, combien étaient motivées les dispositions adoptées pour les nouvelles installations, sous le double rapport de la légèreté des bâtiments, lesquels sont constitués par une ossature en bois du système Pombla avec parois en toile et couverture en carton bitumé, et de la distance ménagée entre les bâtiments, laquelle était d'une centaine de mètres. Il est hors de doute, en effet, que la localisation des dégâts et l'absence de propagation de l'explosion sont la conséquence de ces heureuses dispositions.

Quant à la cause de l'accident, elle paraît devoir être attribuée à un choc ou à quelque frottement anormal, soit à l'intérieur du bâtiment, sur le seuil en pierre ou sur l'aire en ciment, soit à l'extérieur, sur les rails en acier, et je crois devoir, en conséquence, prescrire les mesures suivantes :

1° Dans tous les bâtiments affectés aux manipulations d'explosifs susceptibles de détoner par le choc, les aires en ciment ou en bitume seront exactement recouvertes de tapis en linoléum (1) et les seuils en pierre seront remplacés par des seuils en bois ou recouverts de planches en bois.

2° Des précautions spéciales seront prises contre le danger que peuvent présenter les transports extérieurs sur les petites voies ferrées (2).

3° Les voies à traverses métalliques seront garnies d'un ballast de mâchefer, recouvrant complètement les traverses, pour les préserver du choc des pieds des ouvriers.

4° Le sol, surtout dans les localités où, comme à Saint-Médard, il est formé de sables siliceux, sera fixé au moyen de gazonne-

(1) Il a été prescrit récemment de mettre, en outre, en expérience l'emploi des tapis incombustibles de l'usine d'Amersfoort (Hollande), qui ont été signalés comme adoptés dans des poudreries étrangères.

(2) Une commission compétente vient d'être chargée de rechercher, pour la réalisation de ce désidératum, la meilleure solution, laquelle paraît devoir consister, d'un côté, dans le remplacement des roues en fonte des wagonnets par des roues constituées avec une substance inoffensive, telle que le bois debout, le papier comprimé, etc., et, de l'autre, par la substitution, au moins dans le voisinage des bâtiments dangereux, de rails en bois aux rails en fer. La même commission doit, en outre, étudier un dispositif permettant de nettoyer et d'humidifier les rails sur le trajet des wagonnets, au moyen de brosses mouillées par de l'eau s'écoulant, par le seul fait du mouvement, d'un réservoir fixé à chaque wagonnet.

Digitized by Google

ments et de plantations présentant un obstacle au soulèvement des sables par le vent.

5° Enfin des distributions d'eau sous pression, établies partout où besoin sera, permettront d'arroser les abords des bâtiments dangereux et les petites voies ferrées qui y aboutissent, aussi fréquemment et aussi abondamment que le comportera l'état de l'atmosphère.

Il est recommandé, de nouveau, d'une façon générale, mais surtout pour le coton-poudre, de réduire au strict minimum les quantités d'explosifs dans les dépôts, tant en augmentant le nombre de ces derniers, qu'en faisant passer à l'état inoffensif les matières sèches qui doivent être mouillées; d'éviter absolument, dans les dépôts proprement dits, toute manipulation d'explosifs; enfin de n'affecter à ces dangereuses substances que des bâtiments légers.

Il me sera accusé réception de la présente lettre collective, et des propositions me seront adressées, le plus tôt possible, pour l'exécution des prescriptions qu'elle renferme.

G^al FERRON.

N° 98.

EXPLOSION SURVENUE, LE 1^er AOUT 1887, A L'USINE A MEULES N° 21 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-CHAMAS.

(Lettre collective n° 20.)

Paris, le 30 novembre 1887.

Messieurs, une explosion s'est produite à la poudrerie nationale de Saint-Chamas, le 1^er août 1887, vers 10^h 30^m du soir, dans l'usine à meules n° 21, pendant la trituration d'une composition de poudre SP_1.

L'explosion n'a pas fait de victime; mais ses effets matériels ont été relativement forts : les chevrons de la couverture ont été arrachés et des débris de voliges et de serge projetés jusque devant le groupe n^os 18-19; la sablière et les poteaux de la devanture ont été brisés et les châssis renversés; les murs de 0^m,11 d'épaisseur, du cabinet contigu à l'usine, se sont fortement lé-

Digitized by Google

zardés. Quelques dégradations ont, en outre, été produites dans la couverture des usines voisines. Quant aux mécanismes, ils ont eux-mêmes été assez fortement atteints : l'ensemble des moises est remonté de 15^{mm} environ le long de l'arbre vertical, le repoussoir extérieur d'un modèle extra-réglementaire a été rejeté en arrière, en faussant la tige et la moise qui le supportent

Je vous envoie, ci-joint, le rapport de M. l'inspecteur général sur cet accident.

L'accident est attribué à un frottement énergique, conséquence d'une accumulation de matières, laquelle est nettement accusée, en avant d'un des repoussoirs, par les effets produits sur certaines parties des mécanismes.

Cette accumulation toujours dangereuse aurait été favorisée, tant par le poli du fond de la cuvette que par l'emploi d'un repoussoir extérieur extra-réglementaire très haut ($0^{m},19$) et très lourd ($13^{kg},0$), lequel avait été introduit dans l'usine en vue d'essais de trituration des fortes charges.

Les circonstances de cette explosion m'obligent à rappeler aux ingénieurs :

1° Les prescriptions de ma lettre collective n° 1 du 4 janvier 1886 (explosion survenue dans l'usine à meules n° 17 de la même poudrerie), relatives à l'attaque ou au remplacement des pistes reconnues trop lisses ;

2° L'interdiction absolue qui leur est faite d'apporter, sans y être préalablement autorisés, aucune modification aux divers appareils types réglementaires adoptés pour les établissements du service des poudres et salpêtres.

Il me sera accusé réception de la présente lettre collective, et des propositions me seront, s'il y a lieu, soumises pour l'exécution des prescriptions qu'elle renferme.

G^{al} FERRON.

Digitized by Google

RAPPORT

sur l'explosion de l'usine à meules n° 21 de la poudrerie nationale de Saint-Chamas (1er août 1887).

L'usine à meules n° 21 de la poudrerie nationale de Saint-Chamas, qui a fait explosion le 1er août 1887, vers 10h 30m du soir, était chargée d'une composition de poudre SP_1, qui était en cours de trituration depuis plus d'une heure; le conducteur de l'usine, après avoir fait un arrosage sur la matière, était sorti depuis quelques minutes; il s'était placé à son poste de surveillance, sous la voûte du canal d'alimentation, à portée de la commande de la vanne, lorsque l'usine a sauté, sans qu'il ait entendu aucun bruit anormal ou remarqué aucun signe précurseur. L'usine était pourvue d'un avertisseur automatique de la variation de la vitesse; cet appareil n'ayant pas donné de signal avant l'explosion, il y a lieu de croire que la marche était normale et régulière, et que l'accident n'a pas été la conséquence d'une exagération de la vitesse des meules. D'ailleurs les accroissements de vitesse ne se produisent dans les usines placées sur la ligne du bas, comme se trouve l'usine 21, qu'au moment de la mise en train de l'usine supérieure correspondante, et il a été établi que cette usine supérieure était en marche ordinaire au moment de l'explosion. Mais, s'il n'y a pas eu d'accélération dangereuse de la vitesse, il s'est produit des entraînements et des accumulations de matières pendant le travail. Nous avons reconnu, en effet, par l'action exercée sur les diverses pièces du mécanisme et notamment sur les moises, que la majeure partie de la poudre en cours de travail se trouvait entassée entre une meule et le repoussoir extérieur, en sorte qu'une partie de la piste était à nu. Dans cette situation, il a pu se produire, soit par la chute brusque d'une meule dans son étrier de suspension, soit par l'arrêt subit du mouvement de rotation d'une meule calée par un amas de matières, des chocs violents et dangereux entre certains organes qui ont pu déterminer une explosion.

Dans un cas tout à fait analogue (explosion du 11 juin 1883, dans l'usine à meules n° 17 de la même poudrerie de Saint-Chamas), on avait constaté la marque très apparente d'un choc ou d'un frottement énergique d'un grattoir sur la meule. Ici nous n'avons pas trouvé de marque semblable, mais l'un des grattoirs est courbé et faussé, et, comme les meules ont continué à tourner après l'explosion, en broyant les plâtras tombés sur la piste, il est possible que les traces du choc aient été effacées par ce travail. Cette cause n'est d'ailleurs pas la seule qui puisse expliquer l'accident : bien que les meules soient suspendues, il peut arriver, dans certains cas exceptionnels, que l'une d'elles vienne au contact de la piste. Un choc n'est

Digitized by Google

pas impossible, en raison de l'élasticité des diverses pièces et de la flexion que peuvent subir les bras de la potence, lorsque la meule tombe d'une trop grande hauteur, déterminée par une accumulation de matières. En général, lorsqu'il y a entraînement et amas considérable de matières pendant la marche, les à-coups sont inévitables et peuvent déterminer une explosion.

Il importe donc d'éviter ces entraînements, et l'usine n° 21 se trouvait, à cet égard, dans de mauvaises conditions. Le bassin est extrêmement lisse et la matière n'y adhère en aucun point. Ce défaut a été depuis longtemps reconnu et signalé; les moyens que l'on a employés pour le corriger, attaque du métal par les acides, piqûre de la fonte à l'outil, ont été inefficaces. Il faudrait, comme je l'ai demandé dans mon rapport sur l'explosion du 11 juin 1883, enlever et remplacer les pistes trop lisses. Si les besoins de la fabrication ne permettent pas d'arrêter les meules pendant le temps assez long qu'exige ce changement, il faudrait du moins raboter et dresser les surfaces défectueuses, de manière à atteindre et à mettre au jour les couches inférieures du métal qui sont ordinairement moins dures que l'extérieur.

A cet inconvénient de l'usine n° 21 s'en ajoutait un autre, consistant dans l'emploi d'un repoussoir extérieur très haut et très lourd. Ce repoussoir avait été fait et mis en place pour les essais de trituration de 35^{kg} à 40^{kg} faits en 1885; bien que sa largeur au talon ou son ouverture fût la même que celle du repoussoir type, il agissait d'une façon différente en facilitant, par sa hauteur et son poids, l'entraînement des galettes se détachant, par larges plaques, de la piste; il contribuait ainsi au déplacement et à l'accumulation des matières. Ce repoussoir doit être abandonné, et il faut s'en tenir au modèle ordinaire dont la forme a été consacrée par la pratique.

En résumé, l'explosion du 1er août paraît avoir été déterminée par les chocs, frottements ou à-coups produits dans le mécanisme par une accumulation subite des matières entraînées dans le mouvement. La cause de cet accident est absolument fortuite : il est survenu plus d'une heure après la mise en marche des meules sur une composition de poudre SP_1, quelques instants après que le conducteur avait quitté l'usine, après avoir reconnu que le mécanisme était en bon état; la marche des appareils était régulière et la vitesse ne dépassait pas la limite qui lui est assignée; la surveillance était bien exercée et aucun avertissement préalable n'a pu faire prévoir l'explosion. La responsabilité du personnel de l'établissement ne me paraît donc engagée à aucun degré.

Les conséquences de l'explosion n'ont eu aucun caractère de gravité; les dommages causés au bâtiment n° 21, les effets exercés sur les bâtiments

Digitized by Google

voisins sont de l'ordre de ceux que l'on constate dans les explosions ordinaires des usines à meules et ne fournissent aucun renseignement nouveau touchant le mode de construction ou la disposition des usines. La lampe électrique et l'œillard dans lequel elle est placée n'ont subi aucune avarie ou dégradation, et le système d'éclairage n'a été aucunement atteint et a continué de fonctionner régulièrement.

Les conclusions à tirer de l'exposé qui précède sont donc les suivantes : Pour diminuer les chances d'accident dans les usines à meules, il convient : 1° de changer les pistes trop polies ou tout au moins de leur faire subir l'opération du tournage pour modifier l'état des surfaces, et 2° de faire exclusivement usage de repoussoirs ayant le même poids, la même hauteur et la même ouverture que le modèle envoyé dans les poudreries.

Paris, le 18 octobre 1887.

L'inspecteur général,
CH. ARNOULD.

N° 99.

INSTRUCTION SUR LA FABRICATION DE LA POUDRE PRISMATIQUE NOIRE.

(Lettre collective n° 23.)

Paris, le 30 décembre 1887.

Messieurs, je vous adresse, ci-jointe, une instruction provisoire sur la fabrication de la poudre prismatique noire, dont l'emploi permet de supprimer les retards d'inflammation dans le tir des poudres brunes.

G^al LOGEROT.

INSTRUCTION PROVISOIRE

Sur la fabrication de la poudre prismatique noire.

I. — Dosage.

Salpêtre	75
Soufre	10
Charbon	15

Le charbon est du charbon de bourdaine au rendement de 28 à 30 pour 100.

Digitized by Google

II. — Binaires.

On fait un seul binaire : le binaire-soufre. Chaque tonne reçoit :

$$\left.\begin{array}{l} 45^{kg} \text{ de soufre.} \\ 67^{kg},500 \text{ de charbon.} \end{array}\right\} \text{Total : } 112^{kg},500,$$

avec 150^{kg} de gobilles en bronze de 10^{mm} à 15^{mm} de diamètre.

La trituration dure 4 heures tout compris, à raison de 25 tours par minute.

Le salpêtre est simplement tamisé à $2^{mm},3$.

III. — Meules.

On pèse $2^{kg},500$ de binaire soufre, que l'on touille avec 1^{kg} d'eau environ; on ajoute ensuite $7^{kg},500$ de salpêtre et on touille à nouveau. Puis on porte les tines dans un autre dépôt, où on ajoute 10^{kg} de poussiers et on mélange.

Les charges ainsi préparées sont passées aux meules, où l'on triture pendant une demi-heure, compris chargement et déchargement. On ne fait pas d'arrosage pendant la trituration. Le déchargement doit être fait à une humidité de 3,50 à 4 pour 100.

On ne fait pas de galetage.

IV. — Préparation des matières pour la presse.

Les matières des meules sont concassées à la main avec des maillets en bois, puis grenées au grenoir à cylindres entre les perces de $2^{mm},5$ et $0^{mm},8$. Le rendement en grain est voisin de 50 pour 100.

Le grain est porté dans une maie où on fait des mélanges de 350^{kg}, de façon à avoir une humidité voisine de 3,30 pour 100. On le tamise, de façon à le débarrasser presque entièrement du poussier qui s'oppose au mesurage de la matière à la presse.

V. — Compression.

Les mélanges des matières ainsi préparées sont portés à la presse Bianchi, où la densité est réglée entre 1,830 et 1,840, la hauteur du grain à 25^{mm}.

Les 350^{kg} de grains prismatiques fabriqués avec un même mélange de matières forment une série ou unité de fabrication.

VI. — Séchage.

Les grains sont rangés dans des caisses plates sans couvercle, dont le fond est formé par une toile métallique; chaque caisse contenant deux rangées de grains, couchés suivant leur axe longitudinal, est portée à l'étuve, où le séchage, sans ventilation artificielle, à une température qui

Digitized by Google

ne dépasse pas 45°, dure en moyenne 5 jours, l'étuve n'étant pas chauffée la nuit.

Après le séchage, la densité est de 1,810 à 1,820, l'humidité de 1,00 à 1,10 ; l'épaisseur ne change pas.

VII. — Mélanges.

On fait des mélanges méthodiques comme pour les poudres à gros grains ; ils se font à la main et doivent être très soignés.

VIII. — Conditions de recette.

Les conditions de recette provisoirement admises par le département de la marine sont les suivantes :

TIR DANS LE CANON DE 27^{cm} MODÈLE 1870 M.

Charge	70^{kg}
Projectile cylindrique de	216^{kg}
Densité de chargement	0,956
V_0 moyen	456^{m}
Pression moyenne à la culasse	1380^{kg}

Paris, le 30 décembre 1887.

Approuvé :

Le ministre de la guerre,

G^{al} LOGEROT.

N° 100.

RÈGLEMENT DU 9 JANVIER 1888,

pour le transport, par chemins de fer, des poudres de guerre, de mine ou de chasse et des munitions de guerre.

LES MINISTRES DE LA GUERRE ET DES TRAVAUX PUBLICS,

Sur le rapport du chef d'état-major général du ministre de la guerre et du directeur des chemins de fer au ministère des travaux publics ;

Vu les articles 21 et 66 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, lesdits articles ainsi conçus :

« ART. 21. — Il est défendu d'admettre, dans les convois qui portent des voyageurs, aucune matière pouvant donner lieu soit à des explosions, soit à des incendies.

Digitized by Google

» ART. 66. — Les personnes qui voudront expédier des marchandises de la nature de celles qui sont mentionnées à l'article 21 devront les déclarer au moment où elles les apporteront dans les stations du chemin de fer.

» Des mesures spéciales de précaution seront prescrites, s'il y a lieu, pour le transport desdites marchandises, la compagnie entendue. »

Vu le règlement du 30 mars 1877 pour le transport, par chemins de fer, des munitions de guerre et des poudres ;

Vu l'arrêté du ministre des travaux publics, en date du 9 janvier 1888, relatif au transport des matières explosibles et inflammables, y classifiées, autres que les poudres et la dynamite ;

Vu les avis du Comité de l'exploitation technique et de la Commission militaire supérieure des chemins de fer ;

Les compagnies de chemins de fer entendues;

ARRÊTENT :

ART. PREMIER. — Conformément à l'article 21 de l'ordonnance réglementaire du 15 novembre 1846 sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer, il est interdit d'admettre les poudres de guerre, de mine ou de chasse dans les trains de voyageurs ou dans les trains mixtes. Ces matières ne peuvent être transportées que par les trains de marchandises ne comprenant aucun wagon de voyageurs. Toutefois, les militaires voyageant pour le service sont autorisés à porter leurs cartouches dans la giberne ou dans le sac.

Les munitions de guerre chargées dans des caissons d'artillerie peuvent être transportées par les trains militaires spéciaux affectés au transport des troupes.

ART. 2. — Les poudres doivent toujours être livrées aux chemins de fer sous deux enveloppes, toutes deux étanches, c'est-à-dire ne laissant pas tamiser le contenu.

L'enveloppe intérieure peut être une caisse en bois, un baril, un sac en toile ou en cuir, ou même, s'il s'agit de munitions confectionnées, un sac en carton ou en papier.

L'enveloppe extérieure sera une caisse en bois ou en cuivre ou un baril. Elle portera une inscription très apparente indiquant la nature du contenu.

L'agent du ministère de la guerre ou des finances, chargé de

Digitized by Google

l'expédition, devra mentionner sur la déclaration d'expédition que les conditions d'emballage ci-dessus indiquées ont été remplies.

ART. 3. — Les barils, caisses ou coffres d'artillerie renfermant des munitions de guerre ou des poudres sont chargés sur des wagons couverts et fermés, à panneaux pleins, munis de ressorts de choc et ne contenant aucune autre espèce de marchandises. Les barils de poudre doivent être non pas placés debout sur l'un des fonds, mais couchés dans les wagons et fortement calés avec du bois.

Les munitions de guerre peuvent être transportées dans des caissons d'artillerie chargés sur wagons plats.

ART. 4. — Lorsqu'un wagon sert au transport de la poudre, son plancher doit être recouvert d'un prélart imperméable, de manière à prévenir tout répandage sur la voie.

Il doit porter une inscription extérieure bien apparente indiquant la nature de son chargement.

ART. 5. — On doit employer de préférence, pour le transport des poudres, des wagons sans frein. Lorsqu'on fait usage de wagons à frein, on doit se conformer aux prescriptions suivantes :

1° Il est interdit de faire usage du frein ;

2° Les surfaces des ferrures des axes ou leviers de transmission de mouvement, qui pourraient être apparentes dans les wagons, doivent être soigneusement recouvertes d'étoffes ou enveloppées dans des manchons en bois.

L'emploi des wagons munis de freins à main n'est pas défendu ; il est seulement interdit de faire usage des freins, le wagon chargé de poudre ne devant être accessible à aucun agent du train.

ART. 6. — La charge d'un wagon de poudre, y compris les emballages, est limitée à 5000^{kg}.

Cette disposition n'est pas applicable aux cartouches métalliques, pour le transport desquelles il n'est fixé aucune limite de

Digitized by Google

chargement, sauf en ce qui concerne le poids de chaque caisse.

Un train ne pourra pas recevoir plus de 10 wagons de poudre ou de dynamite.

En conséquence, toute expédition exigeant l'emploi de plus de 10 wagons sera divisée en deux ou plusieurs trains.

ART. 7. — Les wagons chargés de munitions de guerre ou de poudres doivent toujours être précédés et suivis de 3 wagons au moins non chargés de matières classées, par l'arrêté susvisé du ministre des travaux publics du 9 janvier 1888, dans la 1re catégorie des matières inflammables ou explosibles.

Dans les manœuvres de gare pour la composition et la décomposition des trains, les wagons chargés de munitions de guerre ou de poudres pourront être manœuvrés à l'aide de machines locomotives, mais à la condition qu'ils soient séparés de ces machines par trois wagons au moins ne renfermant aucune matière explosible ou facilement inflammable. Ces manœuvres s'effectueront, d'ailleurs, avec une vitesse ne dépassant pas celle d'un homme marchant au pas ; elles seront commandées par un agent qui en aura la responsabilité. Les manœuvres par lancement sont interdites pour ces wagons.

Les trains de marchandises contenant des wagons chargés de munitions de guerre ou de poudres peuvent être remorqués, dans le cas où ce mode d'attelage est autorisé pour les trains de marchandises ordinaires, par deux machines placées l'une à l'avant, l'autre à l'arrière.

ART. 8. — Les expéditions de munitions de guerre ou de poudres sont soumises aux conditions suivantes de surveillance dans les gares de départ et d'arrivée :

Gare de départ. — L'escorte qui accompagne jusqu'à la gare expéditrice un envoi de munitions de guerre ou de poudres est tenue de rester, pour garder cet envoi, jusqu'au départ du train.

Gare d'arrivée. — Les compagnies doivent demander à l'autorité militaire une garde pour veiller sur les wagons de munitions de guerre ou de poudres, si le chargement n'est pas enlevé dans un délai de trois heures après l'arrivée du train.

Digitized by Google

ART. 9. — Exceptionnellement, certaines expéditions de poudres ou de munitions de guerre, déterminées par l'autorité militaire, pourront, *quel qu'en soit le poids,* être escortées même pendant leur transport sur les voies ferrées.

Dans ce cas, au lieu de départ, l'escorte est requise par l'agent du ministère de la guerre chargé de l'expédition. Le commandant de gendarmerie, à qui la réquisition est adressée, transmet d'urgence, aux commandants des villes où l'escorte doit être relevée, un avis faisant connaître le jour du départ.

Un second avis semblable, indiquant le jour et l'heure d'arrivée du train, est transmis aux mêmes autorités par les compagnies de chemins de fer, à la diligence des chefs de gare. En outre, ces compagnies préviennent les commissaires de surveillance administrative des gares de départ et d'arrivée et de toute station où un transbordement doit avoir lieu, afin que la manutention des chargements puisse être surveillée.

L'escorte est toujours composée de deux militaires au moins.

Si, pour une cause quelconque, l'escorte manque, soit au point de départ, soit à un des points de relai, le transport des poudres ou des munitions de guerre n'est pas différé, mais avis de cette circonstance est transmis par le télégraphe à la gare du relai suivant, pour être communiqué, de suite, au commandant de la gendarmerie dans cette localité.

ART. 10. — L'escorte préposée à la garde, en cours de route, des expéditions visées au précédent article prend place, à la volonté de l'autorité militaire, soit avec les conducteurs du train, soit, à raison de deux hommes au plus par wagon, dans les mêmes wagons que le chargement dont elle a la surveillance.

Pendant le séjour momentané dans les gares des wagons qu'elle doit surveiller, l'escorte ne doit jamais les perdre de vue, ni s'en éloigner.

Il est formellement interdit aux agents du train (sauf cas de force majeure) de monter dans les wagons pendant le trajet.

ART. 11. — Les compagnies sont prévenues 24 heures à l'avance des transports de munitions de guerre ou de poudres qu'elles auront à effectuer; un avis spécial leur est adressé au sujet

Digitized by Google

de ceux de ces transports qui doivent être escortés en cours de route.

Lorsque le trajet doit avoir lieu, en totalité ou en partie, sur des lignes à une seule voie, les compagnies sont prévenues trois jours à l'avance. Elles font connaître dans le plus bref délai, à l'expéditeur, le jour et l'heure du départ du train. Les livraisons de munitions de guerre ou de poudres aux gares se font en conséquence.

Les munitions de guerre et les poudres remises par les agents de l'État sont reçues les dimanches et jours fériés, même après l'heure de midi.

Lorsque les munitions de guerre et les poudres doivent être expédiées par un train de nuit, elles sont amenées à la gare deux heures au moins avant le coucher du soleil et chargées dans les wagons avant la nuit.

Toute manutention de munitions de guerre et de poudres, pour leur chargement, leur déchargement et même leur transbordement d'un wagon à un autre dans les gares de jonction, si besoin était, sera faite de jour.

ART. 12. — Chaque expédition de munitions de guerre ou de poudres doit être faite par le plus prochain train susceptible de recevoir cette nature de chargement.

Elle doit être enlevée de la gare destinataire dans les douze heures de jour qui suivront son arrivée ; si cette condition n'est pas remplie à la diligence du destinataire, la compagnie du chemin de fer est autorisée à faire cet enlèvement aux frais, risques et périls de ce dernier.

ART. 13. — Les directeurs d'artillerie reçoivent dans l'enceinte des arsenaux les voitures chargées de munitions de guerre et de poudres, quelle que soit l'heure à laquelle elles se présentent : si elles arrivent la nuit, ils les font conduire à proximité des magasins et attendent jusqu'au jour pour faire opérer le déchargement.

ART. 14. — Lorsque le transport des munitions de guerre et des poudres devra être effectué, sur voie ferrée et par les soins des agents de l'État, d'un magasin de l'État à une gare de chemin de

Digitized by Google

fer, les wagons sur lesquels elles auront été chargées devront arriver à la gare deux heures au plus et une heure au moins avant le départ des trains qui devront emmener lesdites munitions de guerre et poudres. L'agent de l'État qui aura opéré le chargement restera responsable de l'observation des mesures de précaution prescrites par le présent règlement pour cette opération.

Lorsque le transport des munitions de guerre et des poudres devra être effectué sur voie ferrée et par les soins des agents de l'État, d'une gare de chemin de fer à un magasin de l'État, la prise en charge des wagons et leur départ de la gare devront être opérés dans un délai de deux heures au plus, à charge par la compagnie de prévenir vingt-quatre heures à l'avance l'autorité militaire de l'arrivée des wagons. L'agent de l'État qui sera chargé d'amener les wagons de la gare au magasin de l'État restera responsable de l'observation des mesures de précaution prescrites par le présent règlement pour cette opération.

ART. 15. — Sauf en ce qui concerne les expéditions visées à l'article 9 ci-dessus, le présent règlement n'est pas applicable aux expéditions de munitions de guerre et de poudres de moins de 200^{kg}. Toutefois, les expéditions de moins de 200^{kg}, quand elles ne seront pas escortées dans les conditions prévues audit article 9, seront placées dans des wagons fermés et couverts, ne contenant aucune matière explosible ou facilement inflammable. Elles seront signalées d'une manière spéciale à l'attention du chef de train.

Ces expéditions ne pourront, d'ailleurs, être transportées par les trains portant des voyageurs.

ART. 16. — Aucune expédition de munitions de guerre ou de poudres ne doit être acceptée par les compagnies sans une feuille d'expédition régulière.

ART. 17. — Les dispositions du présent règlement sont complétées par l'arrêté du ministre des travaux publics en date du 9 janvier 1888, relatif à la classification et au transport des matières inflammables ou explosibles, en ce qui touche les conditions de transport, d'emballage et de chargement des détonateurs, des cartouches de guerre ou de chasse à enveloppe rigide, des

Digitized by Google

cartouches de revolver métalliques, des cartouches Flobert, des amorces et des douilles vides simplement amorcées pour cartouches de guerre ou de chasse.

ART. 18. — Le règlement du 30 mars 1877 est abrogé.

Paris, le 9 janvier 1888.

Proposé :

Le chef d'état-major général du ministre de la guerre,
Gal HAILLOT.

Le directeur des chemins de fer,
J. LAX.

Le ministre de la guerre,
Gal LOGEROT.

Le ministre des travaux publics,
ÉMILE LOUBET.

N° 101.

ARRÊTÉ DU 9 JANVIER 1888,

relatif au transport, par chemins de fer, des matières inflammables ou explosibles, y classifiées, autres que les poudres et les dynamites.

LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS,

Sur le rapport du directeur des chemins de fer,

Vu les articles 21 et 66 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, lesdits articles ainsi conçus :

« ART. 21. — Il est défendu d'admettre, dans les convois qui portent des voyageurs, aucune matière pouvant donner lieu, soit à des explosions, soit à des incendies.

» ART. 66. — Les personnes qui voudront expédier des marchandises de la nature de celles qui sont mentionnées à l'article 21 devront les déclarer au moment où elles les apporteront dans les stations du chemin de fer.

» Des mesures spéciales de précaution seront prescrites, s'il y a lieu, pour le transport desdites marchandises, la compagnie entendue. »

Vu le règlement du 10 janvier 1879 pour le transport de la dynamite;

Vu l'arrêté du 20 novembre 1879 pour le transport, par chemins de fer,

Digitized by Google

des matières inflammables ou explosibles et les arrêtés qui le complètent en date des 21 juillet 1881 et 30 juin 1883;

Vu les rapports sur l'étude des dangers de transport des poudres, amorces et munitions, adoptés par la Commission des substances explosibles dans ses séances des 8 mai 1884, 7 janvier et 4 novembre 1886;

Vu les avis de la Commission militaire supérieure des chemins de fer et du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer;

Considérant que l'arrêté du 20 novembre 1879 contient des prescriptions trop rigoureuses pour certains produits, notamment pour les munitions dites *de sûreté,* et que, d'autre part, il présente un certain nombre de lacunes qui doivent être comblées;

Les compagnies de chemins de fer entendues,

ARRÊTE :

TITRE PREMIER.

CLASSIFICATION.

ARTICLE PREMIER. — Les matières inflammables ou explosibles sont classées, au point de vue des précautions à prendre pour leur transport sur chemins de fer, en 4 catégories, savoir :

1re CATÉGORIE. — *Poudres de guerre, de mine ou de chasse; munitions de guerre ou de chasse* autres que celles qui sont spécifiées aux catégories suivantes : *fulminate de mercure; fulmicoton* et autres *pyroxyles; picrate de potasse et d'ammoniaque; dynamite; détonateurs; acide nitrique monohydraté,* connu sous le nom d'*acide nitrique fumant; artifices; mèches de mineurs* munies d'amorces ou d'autres moyens d'inflammation; *chlorure de méthyle; nitrate de méthyle; huile de pétrole non rectifiée; acide nitrique du commerce; acide carbonique et protoxyde d'azote liquides; huiles* dites *essentielles,* extraites par distillation du *pétrole,* des *schistes bitumineux* ou du *goudron de houille* (ces huiles ayant pour caractères d'émettre des vapeurs qui prennent feu au contact d'une allumette enflammée, même lorsque leur température n'excède pas 35°C.).

2e CATÉGORIE. — *Allumettes chimiques; chlorates; mèches de mineurs non amorcées; phosphore; phosphure de calcium; éther; collodion; sulfure de carbone; benzine; huile de pétrole*

Digitized by Google

rectifiée et *huile de schiste* ou *de goudron de houille; chiffons gras; déchets de coton* ou *de laine gras.*

3e CATÉGORIE. — (a) *Munitions pour armes portatives,* dites *munitions de sûreté,* savoir :

1° *Amorces en poudre n°* 1, en boîtes de fer-blanc ;

2° *Amorces en poudre n°* 3, en boîtes de carton ;

3° *Amorces Flobert,* en boîtes de fer blanc ;

4° *Appareils percutants, pour cartouches à percussion centrale,* en boîtes de carton ;

5° *Cartouches chargées pour tir réduit, système Gaupillat,* en boîtes de carton ;

6° *Cartouches de revolver, à broche ou à percussion centrale, chargées,* en boîtes de carton ou de fer-blanc ;

7° *Cartouches de chasse, à broche ou à percussion centrale,* à étuis en carton ou métalliques, *chargées, de tous calibres,* en paquets avec boîtes de carton ;

8° *Cartouches de guerre métalliques, à broche ou à percussion centrale, chargées, de tous calibres,* en paquets avec boîtes de carton.

(b) *Résines liquides; brai gras; goudron liquide; pétrole rectifié; huiles minérales; alcool méthylique; cordonnets de soie teints en noir; charbon de bois en poudre fine.*

4e CATÉGORIE. — *Douilles vides simplement amorcées pour cartouches de guerre ou de chasse; pailles; foins; cotons; alfa; diss; crin végétal; charbon de bois; huiles végétales; résines sèches; brai sec; goudron sec; pétrole rectifié et huiles minérales* dans des vases métalliques ; *alcools* autres que l'*alcool méthylique; essence de térébenthine;* et, en général, toutes les matières *analogues* non dénommées.

Digitized by Google

TITRE II.

EXPÉDITION, EMBALLAGE ET CHARGEMENT.

Dispositions générales.

ART. 2. — Toute déclaration d'expédition de matière explosible devra, outre la dénomination exacte de la marchandise, porter, d'une façon apparente, la mention *Matière explosible* ou, s'il y a lieu, *Munitions de sûreté.*

Toute déclaration d'expédition d'une matière assujettie à des conditions spéciales d'emballage devra indiquer la nature exacte de la marchandise et faire connaître que les conditions prescrites ont été observées.

Tout colis contenant une matière explosible doit porter d'une façon apparente, sur les fonds s'il s'agit de barils ou de fûts, sur deux faces au moins s'il s'agit de caisses, une étiquette faisant connaître la nature du produit, avec la mention *Matière explosible,* ou, s'il y a lieu, *Munitions de sûreté.*

L'enveloppe de tout colis contenant une matière non explosible assujettie, par le présent règlement, à des conditions spéciales d'emballage portera, à l'extérieur, une étiquette apparente faisant connaître la nature de la substance, avec la mention *Matière dangereuse.*

Matières de la première catégorie.

ART. 3. — Les dispositions prescrites par l'arrêté des ministres de la guerre et des travaux publics du 9 janvier 1888, pour l'emballage et le chargement des poudres de guerre, de mine ou de chasse et des munitions de guerre, sont applicables au *fulminate de mercure,* au *fulmi-coton* et autres *pyroxyles,* aux *picrates de potasse* et *d'ammoniaque*, ainsi qu'aux munitions de guerre ou de chasse qui ne pourraient pas être expédiées comme munitions de sûreté.

Toutefois, le *fulminate* devra être enfermé dans des vases métalliques pleins d'eau et contenus dans des caisses en bois.

En ce qui concerne la *dynamite,* les mesures de précaution dont elle doit être l'objet sont prescrites par le règlement spécial du 10 janvier 1879.

Digitized by Google

Les *détonateurs* doivent être emballés, l'ouverture en haut et au nombre de 100 au plus, dans de fortes caisses métalliques, garnies intérieurement de drap ou de feutre sur les fonds et de papier sur les parois latérales.

Les vides qui les séparent doivent être remplis de sciure de bois ou d'une autre matière analogue.

Les caisses métalliques ainsi remplies doivent être emballées dans une forte caisse en planches de 22^{mm} au moins d'épaisseur, renfermée elle-même dans une autre caisse en planches de 25^{mm} au moins d'épaisseur; on ménagera, entre ces deux dernières caisses, un espace vide de 30^{mm} au moins, qui sera rempli de sciure de bois, de paille, d'étoupes ou d'autres matières propres à amortir les chocs.

La caisse extérieure doit être munie de deux fortes poignées non métalliques; elle doit porter des étiquettes indiquant le haut et le bas du colis.

Le poids de matière explosible ne peut excéder 20^{kg} par caisse.

L'*acide nitrique du commerce* sera contenu dans des bonbonnes en verre ou en grès bien bouchées et bien emballées dans des corbeilles ou enveloppes en osier solidement tressées, munies de poignées pour en faciliter la manutention. Cet acide pourra, encore, être livré en bouteilles de verre ou de grès; celles-ci devront être bien bouchées, bien emballées et placées debout dans des caisses en planches de 1^{cm} au moins d'épaisseur, de manière à être protégées contre les chocs; sur chaque caisse, une inscription indiquera le côté du dessus et rappellera, en outre, la nécessité de toujours maintenir les caisses à plat sur leur fond, pendant le transport ou pendant le séjour sur les quais des gares.

Les bonbonnes ou bouteilles contenant de l'*acide nitrique fumant* doivent être emballées dans des récipients munis de poignées, avec de la sciure de bois ou de la terre absorbante en volume au moins égal à celui de ces bonbonnes ou bouteilles.

Ces acides doivent toujours être chargés séparément et ne peuvent être placés dans un même wagon avec d'autres produits chimiques.

Tout *acide nitrique* non formellement désigné comme *acide*

Digitized by Google

nitrique du commerce sera considéré comme *acide nitrique fumant.*

Les *pièces d'artifices de petite dimension* et les *mèches de mineurs munies d'amorces* ou *d'autres moyens d'inflammation* seront emballées dans des caisses en planches jointives, dont le poids brut ne pourra pas dépasser 100^{kg}; les planches auront 1^{cm} au moins d'épaisseur si le poids brut du colis n'excède pas 40^{kg}, et 1^{cm}, 5 si ce poids dépasse 40^{kg}.

Les *pièces d'artifice de grande dimension* seront fixées avec soin contre les parois des wagons et isolées.

On n'admettra aucune autre matière facilement explosible ou inflammable dans les wagons contenant des artifices ou des mèches de mineurs.

Le *chlorure* et le *nitrate de méthyle* seront renfermés dans des cylindres métalliques offrant, sous la responsabilité du fabricant de ces substances, une résistance suffisante.

L'*acide carbonique* et le *protoxyde d'azote liquides* seront transportés dans des réservoirs en fer ou en acier, éprouvés officiellement depuis moins de deux ans sous une pression hydraulique de 250 atmosphères. Ces récipients seront emballés dans des caisses, solidement, et de telle façon que les timbres officiels d'épreuve puissent être facilement découverts.

L'*huile de pétrole non rectifiée* et les *huiles essentielles* doivent être contenues dans des vases métalliques ou en gutta-percha, dans des fûts cerclés en fer complètement étanches et bien bouchés, ou dans des touries en verre ou en grès bien bouchées et bien emballées dans des corbeilles ou enveloppes en osier solidement tressées et garnies de poignées pour en faciliter la manutention. En outre, ces récipients ne devront pas être complètement remplis.

Matières de la deuxième catégorie.

ART. 4. — Les matières comprises dans la deuxième catégorie seront chargées dans des wagons couverts et à panneaux pleins.

Digitized by Google

Elles ne pourront être acceptées qu'autant que les emballages rempliront les conditions suivantes :

Allumettes chimiques, chlorates, mèches de mineurs non munies d'amorces ou d'autres moyens d'inflammation. — Emballage dans des caisses en planches jointives, de 10^{mm} au moins d'épaisseur si le poids brut du colis est inférieur à 40^{kg}, et de 15^{mm} si le poids dépasse 40^{kg}.

Phosphore. — Emballage soit dans des fûts étanches et remplis d'eau, soit dans des boîtes en fer-blanc remplies d'eau et soudées, entourées de sciure de bois et renfermées dans des caisses cerclées en fer ou munies aux deux bouts de fortes traverses en bois entourant les quatre faces desdites caisses.

Phosphure de calcium. — Emballage dans des vases métalliques étanches.

Éther, collodion, sulfure de carbone, benzine. — Emballage dans des vases métalliques ou en gutta-percha bien fermés, dans des fûts cerclés en fer complètement étanches et bien bouchés, ou dans des touries en verre ou en grès bien bouchées et bien emballées dans une corbeille ou enveloppe en osier solidement tressée et garnie de poignées pour en faciliter la manutention.

Huile de pétrole rectifiée, huile de schiste ou *de goudron de houille.* — Mêmes modes d'emballage que pour l'*huile de pétrole non rectifiée* et les *huiles essentielles comprises dans la première catégorie.*

Chiffons gras, déchets de coton ou *de laine gras.* — Emballage dans des enveloppes ou récipients fermés, de nature quelconque, le tassement devant être aussi énergique que possible.

Matières de la troisième catégorie.

ART. 5. — Les *munitions de sûreté* seront chargées dans des wagons couverts et à panneaux pleins.

Les boîtes de carton ou de fer-blanc contenant ces munitions, suivant qu'il est prescrit à l'article premier ci-dessus, seront ren-

Digitized by Google

fermées dans des caisses en planches, d'une solidité suffisante pour résister à des chocs même violents, dont les parois auraient au moins 18^{mm} d'épaisseur. Chaque caisse ne devra renfermer qu'une seule et même espèce de munitions et ne devra contenir aucune autre matière explosible ou dangereuse. Les caisses pesant, brut, plus de 10^{kg}, seront munies de poignées ou de liteaux pour en faciliter le maniement.

Les munitions pour armes portatives, non dénommées audit article premier (troisième catégorie), ne seront admises dans cette catégorie, à titre de *munitions de sûreté,* que si elles satisfont aux conditions indiquées pour ces munitions par la Commission des substances explosibles, c'est-à-dire si elles sont pourvues d'une enveloppe rigide qui ne se combure pas dans la chambre de l'arme, et si les conditions de leur fabrication et d'emballage sont telles que l'explosion de l'une d'entre elles, ne se communiquant que partiellement et incomplètement aux munitions voisines, ne puisse pas déterminer l'explosion en masse des munitions contenues dans la même caisse. Les fabricants devront, à cet effet, se munir d'un certificat du service des poudres et salpêtres attestant que cette assimilation peut être faite sans inconvénient.

Les fûts servant au transport des *résines liquides,* du *brai gras,* du *goudron liquide,* du *pétrole rectifié* et des *huiles minérales comprises dans la troisième catégorie* doivent être cerclés en fer.

L'*alcool méthylique* sera emballé dans des vases métalliques ou en gutta-percha bien fermés, dans des fûts cerclés en fer et bien bouchés, ou dans des touries en verre ou en grès bien bouchées et bien emballées dans des corbeilles ou enveloppes en osier solidement tressées et munies de poignées pour en faciliter le maniement.

Les *cordonnets de soie noire* devront être parfaitement lavés et complètement desséchés ; ils seront emballés, par paquets de 10^{kg} au maximum, dans des caisses à claire-voie ; la largeur des caisses ne devra pas excéder la plus grande dimension des paquets ; les paquets seront isolés, en tout sens, les uns des autres, par des

Digitized by Google

traverses laissant entre deux paquets consécutifs un espace vide pour la circulation de l'air. Le poids des caisses ne devra pas excéder 60^{kg}. Les expéditions se feront en grande vitesse pendant les chaleurs ; elles pourront se faire en petite vitesse pendant l'hiver.

Le *charbon de bois en poudre fine* devra être contenu dans des récipients fermés de nature quelconque.

Matières de la quatrième catégorie.

ART. 6. — Les *pailles, foins, cotons, alfa, diss* et *crin végétal,* lorsqu'ils sont transportés dans des wagons découverts, doivent être bâchés de telle sorte que la surface supérieure du chargement au moins soit couverte.

Les autres matières de la quatrième catégorie ne sont assujetties à aucune condition spéciale de chargement.

Les vases métalliques contenant des liquides inflammables seront refusés s'ils ne sont pas hermétiquement fermés.

TITRE III.

TRANSPORT.

ART. 7. — Le transport de la *nitro-glycérine* et des *fulminates autres que le fulminate de mercure* est absolument interdit sur les chemins de fer.

Le transport pourra être provisoirement refusé pour les matières non dénommées qui sembleraient particulièrement dangereuses, sauf, pour les intéressés, à en référer à l'administration.

Les matières des quatre catégories ne peuvent être chargées que dans des wagons munis de tampons à ressort. Les wagons contenant des matières dangereuses devront être précédés ou suivis d'au moins un wagon également muni de tampons à ressort.

I. — Trains transportant des voyageurs.

ART. 8. — Le transport des matières comprises dans la *première catégorie* ne peut, dans aucun cas, être effectué par les trains contenant des voyageurs.

Digitized by Google

Les matières de la *deuxième catégorie* sont, également, exclues des trains portant des voyageurs, sur les sections où circulent des trains de marchandises réguliers.

Sur les sections où ne circulent pas des trains de marchandises réguliers, les matières de la deuxième catégorie pourront être transportées par trains mixtes, à la condition que les wagons qui les contiennent soient séparés des voitures de voyageurs, soit en avant, soit en arrière, par trois wagons au moins, ne renfermant pas de matières facilement inflammables.

Les matières de la *troisième catégorie* sont admises dans les trains de voyageurs ; les wagons qui les contiennent doivent être séparés des voitures de voyageurs :

En avant, par trois véhicules, au moins, ne contenant pas de matières facilement inflammables.

En arrière, par un véhicule seulement remplissant la même condition.

On n'admettra dans les trains portant des voyageurs que des caisses de *munitions de sûreté* pesant, isolément, 10^{kg} au plus.

Les wagons contenant des matières de la *quatrième catégorie* doivent être séparés des voitures de voyageurs par un véhicule, au moins, ne contenant pas de matières facilement inflammables.

Les wagons contenant des matières de la *deuxième* ou de la *troisième catégorie* doivent être séparés de la machine par deux wagons, au moins, ne contenant pas de matières facilement inflammables.

Lorsque des matières de la *troisième catégorie, autres que* les *munitions de sûreté,* ou des matières de la quatrième catégorie, seront chargées dans des wagons couverts et à panneaux pleins, ces wagons pourront occuper dans le train une place quelconque.

Les militaires voyageant pour le service peuvent porter leurs cartouches dans la giberne ou dans le sac.

Les voyageurs peuvent, également, emporter leurs munitions de chasse sur leur personne ou dans un sac à main.

ART. 9. — Les dispositions de l'article précédent relatives aux trains qui transportent des voyageurs ne sont pas applicables aux trains militaires spéciaux, ni aux trains de marchandises dans

Digitized by Google

lesquels se trouvent des agents de l'état ou de l'industrie privée chargés d'accompagner certaines expéditions.

II. — Trains ne transportant pas de voyageurs.

ART. 10. — Les wagons chargés de matières de la *première catégorie* doivent toujours être précédés et suivis de trois wagons, au moins, ne contenant pas de matières de cette catégorie.

Les trains de marchandises contenant des wagons chargés de matières de la première catégorie pourront, d'ailleurs, être remorqués, dans les cas prévus aux règlements, par deux machines placées l'une à l'avant, l'autre à l'arrière, à la condition que les wagons chargés de ces matières seront toujours précédés et suivis de trois wagons, au moins, ne contenant pas de matières de la première ou de la deuxième catégorie.

La position, dans les trains de marchandises, des wagons chargés de matières des *trois dernières catégories* ne donne lieu à aucune prescription spéciale.

TITRE IV.

DISPOSITIONS DIVERSES.

ART. 11. — Les arrêtés susvisés des 20 novembre 1879, 21 juillet 1881 et 30 juin 1883 sont abrogés.

ART. 12. — Le présent arrêté sera notifié aux compagnies de chemins de fer.

Il sera publié et affiché.

Les préfets, les fonctionnaires et agents du contrôle sont chargés d'en surveiller l'exécution.

Paris, le 9 janvier 1888.

ÉMILE LOUBET.

Proposé :

Le directeur des chemins de fer,

J. LAX.

Digitized by Google

N° 102.

ARRÊTÉ DU 25 JANVIER 1888,

fixant le prix de vente des poudres à feu destinées à l'exportation.

LE PRÉSIDENT DU CONSEIL, MINISTRE DES FINANCES,

Vu le décret du 21 mai 1886, relatif à l'exportation des poudres à feu;

Vu l'arrêté du 26 mai 1886;

Vu la lettre du ministre de la guerre, en date du 4 janvier 1888;

Vu la lettre du directeur général des contributions indirectes, en date du 19 janvier 1888;

Vu les traités des 20 novembre 1815 et 24 mars 1860, qui ont placé le pays de Gex et la partie neutralisée du département de la Haute-Savoie en dehors de la ligne des douanes,

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — A partir du 1er février 1888, les prix de vente des poudres à feu destinées à l'exportation sont fixés comme suit :

Digitized by Google

ESPÈCES DE POUDRES.	PRIX par kilogramme.	OBSERVATIONS.
	fr c	
Poudre de commerce extérieur..... ordinaire..	0,625	Y compris l'emballage pour les barillages supérieurs à 9 kilogrammes.
Poudre de commerce extérieur..... forte.....	0,66	
Poudre de mine ronde ou anguleuse..... ordinaire..	0,80	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée en grains ou à l'état de cartouches comprimées.
Poudre de mine ronde ou anguleuse..... forte.....	0,85	
Poudre de mine fin grain..... ordinaire..	1,20	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée en grains ou à l'état de mèches de sûreté.
Poudre de mine fin grain..... forte.....	1,25	
Poudre de guerre (ancienne fabrication) (1).....	1,25	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée à l'état nu ou à l'état de cartouches ou de pièces d'artifices.
Poudre de guerre (nouveaux types), à canon noire.....	1,75	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée à l'état nu ou à l'état de munitions confectionnées.
Poudre de guerre (nouveaux types), à canon brune	2,00	
Poudre de guerre (nouveaux types), à fusil.....	2,00	
Poudres de chasse, livrées en boîtes, ordinaire (fine)	2,00	Non compris l'encaissage. Destinées à être exportées en boîtes à l'état de cartouches.
Poudres de chasse, livrées en boîtes, forte (surfine).	2,25	
Poudres de chasse, livrées en boîtes, spéciale (ou extrafine).....	2,50	
Poudres de chasse, livrées à nu dans des barils. ordinaire (fine)	1,40	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu.
Poudres de chasse, livrées à nu dans des barils. forte (surfine).	1,65	
Poudres de chasse, livrées à nu dans des barils. spéciale (ou extrafine).....	1,90	
Poudres pyroxylées, livrées en boîtes	15,00	Non compris l'encaissage. Destinées à être exportées en boîtes ou à l'état de cartouches.

(1) Cette désignation s'applique aux anciens types dits à canon et à mousquet.

ART. 2. — Les types de poudres de guerre dont l'exportation est autorisée sont les suivants :

Anciens types : Poudres de guerre dites à canon et à mousquet.

Nouveaux types :

Poudres à canon noires : C_1, C_2, SP_1, SP_2, A 26/34, A 30/40, prismatiques, RS. Brunes : prismatiques;

Poudres à fusil : F_1, F_3.

Digitized by Google

ART. 3. — Les tarifs d'exportation fixés pour les poudres de mine, de guerre et de chasse, sont applicables aux poudres de même espèce vendues par la régie dans les pays de Gex et dans la zone neutralisée de la Haute-Savoie.

ART. 4. — Les poudres de commerce extérieur vendues exclusivement pour l'exportation, par la voie maritime, pourront être livrées en barillets dont les contenances sont indiquées au Tableau ci-après, avec les plus-values par 100 kilogrammes de poudre :

DÉNOMINATION DES BARILLAGES.		CONTENANCES normales.	PLUS-VALUE à payer par 100 kilogr. de poudre.
1		2	3
		kil gr	fr c
Barils....	Baril	45,000	»
	Demi-baril	22,500	»
	Quart de baril	11,250	»
Barillets..	Cinquième de baril	9,000	0,10
		8,000	1,60
	Sixième de baril	7,500	2,45
		7,000	3,45
		6,000	6,00
		5,000	9,60
	Dixième de baril	4,500	9,90
		4,000	10,25
	Douzième de baril	3,750	11,65
		3,000	17,50
	Vingtième de baril	2,250	20,10
		2,000	24,15
	Vingt-cinquième de baril	1,800	28,15
	Trentième de baril	1,500	36,20

Les barillets désignés dans la colonne 1 du Tableau ci-dessus pourront contenir des poids de poudre variables compris entre 9^{kg} et $1^{kg},500$. Les plus-values à payer pour les contenances intermédiaires entre deux chiffres de la colonne 2 seront égales à celles qui correspondent à la contenance immédiatement inférieure.

ART. 5. — Le présent arrêté sera déposé au bureau du contre-

Digitized by Google

seing, pour être notifié à qui de droit. Il sera publié au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Paris, le 25 janvier 1888.

P. TIRARD.

N° 103.

EXPLOSION SURVENUE LE 17 OCTOBRE 1887 DANS LE GRENOIR A RETOUR DE LA POUDRERIE DE SAINT-PONCE.

(Lettre collective n° 4 *bis*.)

Paris, le 3 avril 1888.

Messieurs, le grenoir à retour de l'usine n° 7 de la poudrerie nationale de Saint-Ponce a fait explosion, le 17 octobre dernier, à $4^h 30^m$ du soir, pendant le grenage de la poudre extrafine.

Le conducteur de l'usine, qui se disposait à entrer dans le bâtiment pour recharger les tamis, fut légèrement atteint à la tête, par les éclats des vitres de la devanture, et projeté sur le sol, où, dans sa chute, il se cassa le bras droit.

Les dégâts matériels n'ont pas été, comme d'ordinaire, limités à la destruction de la devanture et de la couverture, ils se sont étendus au mur latéral extérieur et au mur de fond, lesquels, ébranlés par une précédente explosion, et n'ayant d'ailleurs que $0^m,48$ d'épaisseur, ont été profondément lézardés.

L'accident doit être attribué à la marche à vide d'un tamis, due sans doute à un débit plus rapide de l'appareil, par suite de l'inégale dureté des matières à grener.

La fréquence des explosions qui se produisent dans les grenoirs à retour, et le plus ordinairement pendant le grenage de la poudre extrafine, paraît provenir de l'insuffisance de la surveillance exercée par le conducteur du grenoir, lorsqu'il se tient en dehors de l'usine pendant le travail : il ne peut pas, en effet, à la distance où il se place dans l'intervalle des chargements, surveiller la marche de l'appareil et distinguer les bruits spéciaux à chaque tamis, et il ne sait pas si l'un d'eux est dépourvu de matières à grener.

Pour faire disparaître cette cause d'insécurité, il importe que l'ouvrier chargé du service du grenoir se tienne à l'intérieur de

Digitized by Google

l'usine, de façon à pouvoir surveiller, de l'ouïe et de la vue, le fonctionnement de chaque tamis et alimenter rapidement ceux qu'un bruit spécial signalerait comme marchant à vide.

J'invite donc les directeurs des poudreries à prescrire aux conducteurs des grenoirs de se tenir à l'intérieur des usines en marche, et à n'en sortir que pendant le temps nécessaire pour enlever des grains et poussiers et rapporter les matières à grener qui restent déposées dans l'armoire extérieure.

Je vous envoie, ci-joint, le rapport de l'inspecteur général qui a été chargé de l'enquête réglementaire.

G^{al} LOGEROT.

RAPPORT

sur l'explosion survenue le 17 octobre 1887, dans l'usine n° 7 du grenoir à retour de la poudrerie nationale de Saint-Ponce.

Le grenoir à retour n° 7 de la poudrerie nationale de Saint-Ponce, qui a fait explosion le 17 octobre 1887, vers 4^h30^m du soir, grenait de la poudre de chasse extra-fine; il marchait depuis une heure environ lorsqu'il a sauté.

Le poudrier P. Dardart, conducteur de l'usine, venait de retirer le contenu des tines à grains et des caisses à poussiers, et l'avait déposé dans l'armoire établie contre le mur latéral, à 3^m environ de la tête de ce mur; il avait reçu de l'auxiliaire Tavernier, chargé des transports, un boisseau de matières à grener contenant de 10^{kg} à 12^{kg}, l'avait déposé dans l'usine, à gauche de la porte, et était allé à la manivelle de la vanne pour diminuer la vitesse de la roue, afin de faciliter son chargement, pendant que Tavernier plaçait dans l'armoire un second boisseau de matières semblables aux premières et en retirait les grains et poussiers à conduire au dépôt. Tavernier s'en allait avec sa charge et Dardart, revenant à la porte de l'usine, se disposait à y entrer pour recharger les tamis, lorsque l'explosion se produisit.

Le conducteur fut blessé légèrement à la tête, par des éclats de vitres de la devanture, et fut jeté sur le sol, où, dans sa chute, il se cassa le bras droit.

L'examen des lieux et de l'appareil même du grenoir décela immédiatement la cause de l'accident : un tamis du grenoir, celui qui est le plus voisin du mur de fond, apparaissait intact, restant sur le châssis et portant encore la capote en cuir qui le réunit à la trémie de chargement restée en

Digitized by Google

place; les toiles de soie qui garnissaient les cercles de ce tamis avaient seules brûlé; il était évident que ce tamis ne contenait que peu ou point de poudre et marchait à vide au moment de l'explosion. Quatre autres tamis étaient restés entiers dans l'usine et paraissaient avoir été jetés sur le plancher non par l'explosion, mais par la chute du faîtage qui avait cassé le châssis du grenoir; trois tamis seulement avaient été brisés et projetés en morceaux par l'explosion de la poudre qu'ils contenaient. Le grenoir était donc très peu chargé; plusieurs tamis étaient presque complètement vides. L'explosion avait été déterminée par la marche à vide d'un tourteau sur le guillaume.

Le conducteur de l'usine n° 7 de Saint-Ponce observait scrupuleusement les prescriptions qui ont pour objet de restreindre autant que possible la quantité de poudre contenue dans l'usine; il n'introduisait de matière à grener qu'après avoir enlevé les grains et les poussiers, et la contenance des petits boisseaux dont il se servait pour la matière ne dépassait pas 12^{kg}. Les vérifications de poids, faites sur les matières qui se trouvaient dans l'armoire au moment de l'explosion ou venaient d'en être retirées, ont montré que la quantité totale de matière amenée par le servant en deux boisseaux était de 24^{kg}, dont la moitié seulement avait été introduite dans l'usine, et que la quantité totale retirée était de $20^{kg},700$ dont $10^{kg},500$ de grains et $10^{kg},200$ de poussiers. La quantité de poudre sur laquelle l'explosion a porté ne paraît donc pas avoir excédé 20^{kg}, dont $10^{kg},500$ de matière à grener et 8^{kg} à 9^{kg} restant dans les tamis après l'enlèvement des grains et poussiers produits.

Aussi les effets de l'explosion ont-ils été localisés dans le groupe formé des usines 7-8 et du cabinet de la roue hydraulique motrice. Le cabinet et l'usine n° 8, laquelle d'ailleurs ne contenait pas de poudre et n'était jamais chargée lorsque le grenoir marchait, n'ont subi que des avaries légères aux couvertures et devantures; l'usine n° 7 a souffert davantage : la devanture, les pannes et le faîtage ont été renversés; les chevrons, le voligeage et la serge de la couverture ont été projetés; la majeure partie des débris en provenant a été arrêtée par les arbres qui se trouvent en avant de l'usine; mais quelques morceaux ont été lancés plus loin et sont allés jusqu'à 25^{m} de distance. Le mur latéral de $0^{m},80$ d'épaisseur qui sépare l'usine de la roue n'a pas été endommagé; au contraire, le mur de fond et le mur latéral extérieur ont été fortement ébranlés et sont gravement lézardés. Mais il importe de rappeler que ces deux derniers murs, qui n'ont que $0^{m},45$ d'épaisseur, ont déjà supporté l'action d'une explosion semblable à celle du 17 octobre. Le même grenoir a sauté, dans des circonstances identiques, le 18 août 1870 et n'a été rétabli qu'en mars 1871. Les deux murs, bien que présentant des fentes et lézardes, n'ont pas été démolis et

Digitized by Google

reconstruits, mais seulement reliés entre eux avec le mur latéral de $0^m,80$ par des ancrages et tirants en fer mis dans les maçonneries pendant la réparation; ils ont pu ainsi résister à une seconde explosion; mais les lézardes se sont prononcées beaucoup, une partie de la maçonnerie est disjointe, un tirant en fer est rompu; il faudra, cette fois, refaire complètement les murs et augmenter leur épaisseur. Lorsqu'ils auront été rendus plus résistants, il sera utile d'y encastrer et d'y ancrer les pannes de la couverture, de même que la charpente de support du grenoir. On devra aussi, dans la reconstruction de la devanture et de la couverture, suivre les types fixés par les instructions de 1885, afin de rendre les deux parties aussi légères et peu résistantes que possible.

L'explosion du 17 octobre 1887 a donc produit moins de dégâts matériels que la plupart des explosions de grenoir à retour; mais elle a la même cause, la marche à vide d'un tamis, déterminant un échauffement et des chocs capables d'enflammer les poussiers de poudre restant dans l'appareil. Cette cause d'accident se présente surtout dans le grenage des matières très dures, telles que celles de la poudre extrafine : on n'obtient, en effet, un bon grenage de cette poudre qu'à la condition de mettre une faible charge sur le guillaume; il suffit alors d'une légère augmentation dans le débit d'un tamis, augmentation qui peut provenir d'une simple variation de la consistance et de la dureté des matières à grener, pour que ce tamis se vide plus rapidement que les autres et que son tourteau marche à nu, sans que le conducteur en soit averti. La précaution que l'on a prise, conformément aux instructions ministérielles, dans le but de soustraire autant que possible ce conducteur aux dangers auxquels l'expose sa présence dans l'usine, et qui consiste à lui interdire de séjourner dans le grenoir pendant la marche, a l'inconvénient de le mettre hors d'état d'entendre le bruit particulier et caractéristique que fait un tourteau marchant à vide et de le mettre, par conséquent, dans l'impossibilité de parer au danger par un rechargement fait en temps utile. Il faudrait, pour que la susdite précaution fût complètement efficace quant à la sécurité de l'ouvrier, la compléter par l'obligation d'arrêter le grenoir avant de pénétrer dans l'usine pour faire le chargement pour enlever les grains et poussiers. Il est clair que cette seconde prescription aura pour conséquence une diminution très notable de la production du grenoir à retour, et que son adoption nécessitera sans doute l'installation de nouveaux grenoirs dans les poudreries, afin d'assurer la fabrication des nouvelles poudres de chasse dont les matières sont beaucoup plus dures et plus difficiles à grener que celles des poudres anciennes de même dénomination. Mais je considère les deux prescriptions comme connexes, et j'estime qu'il faut ou mettre l'ouvrier complètement à l'abri en lui interdisant de jamais entrer

Digitized by Google

dans l'usine en marche pour quelque cause que ce soit, ou le faire rester constamment dans le grenoir pour prévenir les causes de dangers par l'attention, la vigilance et les soins incessants que sa présence permanente lui permettra d'apporter dans l'exécution du travail.

En résumé, le service de l'usine n° 7 de la poudrerie de Saint-Ponce était organisé conformément aux instructions en vigueur. La quantité de matière en travail dans l'usine était autant réduite que possible; le conducteur était soigneux et expérimenté; aucune négligence ou imprudence ne peut lui être imputée; les mécanismes étaient en bon état, bien entretenus et avaient été exactement visités et vérifiés; l'accident ne peut être attribué ni au désordre, ni au défaut de soins ni à toute autre cause que la surveillance aurait pu prévenir; le personnel de l'établissement doit donc être relevé de toute responsabilité du fait de cet accident.

Paris, le 18 novembre 1887.

L'inspecteur général,
CH. ARNOULD.

N° 104.

ARRÊTÉ DU 9 AVRIL 1888,

modificatif du règlement du 10 janvier 1879, sur le transport, par chemins de fer, de la dynamite fabriquée soit par l'État, soit par l'industrie privée.

LES MINISTRES DES TRAVAUX PUBLICS, DE LA GUERRE ET DES FINANCES,

Vu l'art. 1er du règlement du 10 janvier 1879 sur le transport, par chemins de fer, de la dynamite fabriquée soit par l'État, soit par l'industrie privée;

Vu l'arrêté ministériel du 31 octobre 1882 qui a rapporté l'art. 19 du règlement susvisé du 10 janvier 1879;

Vu les demandes adressées à l'administration en vue d'obtenir, par application de l'art. 1er (§ II) du règlement, la détermination des conditions auxquelles devront satisfaire les dynamites étrangères pour être admises à circuler sur les voies ferrées du réseau français;

Vu l'avis du Comité consultatif des chemins de fer,

ARRÊTENT :

ARTICLE PREMIER. — Est et demeure supprimé le second para-

Digitized by Google

graphe de l'art. 1er du règlement du 10 janvier 1879, ledit paragraphe ainsi conçu :

« Les dynamites fabriquées à l'étranger pourront jouir de la même faculté (*transport par chemins de fer*) sous des conditions à déterminer ultérieurement. »

Ces conditions sont fixées par l'art. 21 (nouveau) dont il va être parlé ci-après.

ART. 2. — A la suite de l'art. 20 du règlement du 10 janvier 1879, il sera inséré un article 21 (nouveau) ainsi conçu :

[Nous donnons ci-après le texte définitif du règlement du 10 janvier 1879, tel qu'il résulte des modifications apportées par les arrêtés du 31 octobre 1882 et du 9 avril 1888.]

ART. 3. — L'art. 21 (ancien) du règlement du 10 janvier 1879 portera le n° 22.

ART. 4. — Le présent arrêté modificatif sera notifié aux Compagnies de chemins de fer.

Il sera publié et affiché.

Les préfets, les fonctionnaires et agents du contrôle sont chargés d'en surveiller l'exécution.

Paris, le 9 avril 1888.

Le ministre des travaux publics,	*Le ministre de la guerre,*	*Le ministre des finances,*
D. MONTAUD.	C. DE FREYCINET.	P. PEYTRAL.

RÈGLEMENT DU 10 JANVIER 1879
pour le transport de la dynamite par chemins de fer.

LES MINISTRES DES TRAVAUX PUBLICS, DE LA GUERRE ET DES FINANCES.

Vu les articles 21 et 66 de l'ordonnance du 15 novembre 1846 sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer;

Vu le règlement du 20 août 1873 sur le transport, par chemins de fer, de la dynamite provenant des manufactures de l'État;

Vu la loi du 8 mars 1875, qui autorise la fabrication de la dynamite par

Digitized by Google

l'industrie privée, et le décret du 24 août 1875 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de ladite loi;

Vu le règlement du 30 mars 1877 sur le transport des poudres et munitions de guerre;

Vu l'arrêté du ministre des travaux publics, en date du 31 mars 1877, sur le transport des matières dangereuses;

Vu l'avis du Comité consultatif des chemins de fer;

Les Compagnies de chemins de fer entendues;

ARRÊTENT :

ARTICLE PREMIER. — Les dynamites provenant des manufactures de l'État ou des manufactures françaises, dûment autorisées et satisfaisant aux prescriptions du présent règlement, seront admises au transport par chemins de fer sous les conditions ci-après.

ART. 2. — Conformément à l'article 21 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, il est interdit d'admettre la dynamite dans les trains portant des voyageurs.

Sur les lignes secondaires où il n'existe pas de trains réguliers de marchandises, le transport de la dynamite sera effectué par trains spéciaux.

ART. 3. — La dynamite livrée aux chemins de fer devra toujours être renfermée dans des cartouches recouvertes de papier parchemin ou autre enveloppe imperméable, non amorcées et dépourvues de tout moyen d'ignition. L'enveloppe sera collée et fermée de façon à prévenir tout suintement de nitro-glycérine.

Ces cartouches doivent être emballées dans une première enveloppe bien étanche, de carton, de bois, de zinc ou de caoutchouc; les vides entre les cartouches seront exactement remplis avec des étoupes, du papier découpé, de la sciure de bois ou toute autre matière sèche, pulvérulente ou souple, capable d'amortir les chocs et d'absorber la nitro-glycérine qui viendrait à suinter.

Les premières enveloppes seront renfermées dans une caisse en bois ou dans un baril également en bois; elles y seront assujetties de manière à éviter tout ballotement au moyen de la sciure de bois, de copeaux et de cales en bois ou de toute autre matière sèche, pulvérulente ou souple, comme ci-dessus.

Les caisses seront pourvues de poignées non métalliques, solidement fixées, ou porteront extérieurement, sur leur fond, deux tasseaux en bois permettant de glisser les mains au-dessous d'elles pour les soulever; les barils seront consolidés exclusivement au moyen de cerceaux ou de chevilles en bois.

Digitized by Google

Le poids brut de la caisse ou du baril ne dépassera pas vingt-cinq kilogrammes. Les caisses expédiées par les services de la guerre font seules exception à cette limitation de poids.

Ne seront point admises en transport les dynamites ayant plus d'un an d'emballage.

ART. 4. — Le emballages porteront sur toutes leurs faces, en caractères très lisibles, les mots *Dynamite — Matière explosible.* Chaque cartouche sera revêtue d'une étiquette semblable.

Les caisses ou barils porteront en outre extérieurement une estampille indiquant le nom du fabricant ou de l'expéditeur, le lieu de fabrication et la date de l'emballage. Un plomb spécial sera, en outre, appliqué sur chaque colis estampillé, pour en maintenir l'intégrité.

L'agent de l'État qui fera l'expédition de dynamites provenant d'une manufacture du Gouvernement sera tenu de remettre à la gare de départ une déclaration écrite attestant que toutes les conditions ci-dessus spécifiées ont été rigoureusement observées.

Les établissements privés, qui voudront être admis au transport par chemin de fer, devront recevoir, à leurs frais, un agent du service des poudres et salpêtres, et, à son défaut, un garde-mines ou un conducteur des ponts et chaussées, lequel sera chargé en permanence de surveiller la fabrication de la dynamite. Cet agent, qui aura à sa disposition dans l'établissement une pièce à usage de bureau, remettra à l'appui de chaque expédition une déclaration écrite attestant que les conditions de bonne qualité et de bon emballage ont toutes été rigoureusement observées.

Le fabricant devra, par un écrit remis, pour chaque expédition, à la Compagnie du chemin de fer recevant ses produits, assumer la responsabilité de tout accident provenant des vices de la matière transportée.

ART. 5. — Les caisses ou barils seront chargés dans des wagons couverts et fermés, à panneaux pleins, munis de ressorts de choc et portant une indication extérieure de la nature du chargement.

Les barils seront couchés dans les wagons et non placés debout sur l'un des fonds : ils devront être posés et maintenus avec le plus grand soin de façon à éviter tout choc, soit au moment du chargement, soit au moment du déchargement, soit en cours de route. Ils ne devront jamais être recouverts par d'autres colis, même de pareille nature.

ART. 6. — Lorsqu'un wagon servira au transport de la dynamite, son plancher devra être couvert d'un prélart imperméable.

ART. 7. — On doit, autant que possible, ne faire usage, pour le transport de la dynamite, que de wagons sans frein.

Digitized by Google

Les wagons à frein ne pourront être employés, en cas de besoin, que sous les réserves suivantes :

1° Il est interdit de faire usage du frein.

2° Les surfaces des ferrures des axes ou leviers de transmission qui pourraient être apparentes dans les wagons seront soigneusement recouvertes d'étoffes ou enveloppées dans des manchons en bois.

ART. 8. — La charge d'un wagon de dynamite, y compris les emballages, ne dépassera pas trois mille kilogrammes.

ART. 9. — Il n'entrera pas plus de dix wagons chargés de dynamite ou de poudre dans la composition d'un train. Ces wagons porteront une inscription spéciale. Ils devront être placés, autant que possible, vers le milieu du train. Ils seront précédés et suivis par trois wagons ne contenant pas de matières classées dans la première catégorie des matières explosibles ou inflammables, fixée par les arrêtés ministériels concernant les transports de cette nature.

Les expéditeurs pourront exiger, par une mention spéciale inscrite sur la déclaration d'expédition, qu'un ou plusieurs de ces wagons chargés soient remplacés, à leurs frais, par un pareil nombre de wagons vides.

Un train portant de la dynamite ne devra point recevoir de fulminates ou autres produits détonants, sauf dans le cas prévu par l'article 18 ci-après.

Quand le train sera remorqué, dans les cas prévus par les règlements, au moyen de deux machines dont l'une placée à l'arrière, cette machine devra être séparée du dernier wagon de dynamite par trois wagons au moins ne renfermant aucune matière de la première ou de la deuxième catégorie.

ART. 10. — Les wagons chargés de dynamite ne pourront être manœuvrés au moyen de machines locomotives qu'à la condition d'en être séparés par trois wagons au moins ne renfermant aucune marchandise de la première catégorie ci-dessus désignée. Les manœuvres devront, d'ailleurs, s'effectuer avec une vitesse ne dépassant pas celle d'un homme marchant au pas. Les manœvres par lancement sont interdites pour ces wagons.

ART. 11. — Il est interdit de faire stationner sous les halles couvertes les wagons chargés de dynamite ainsi que de les décharger sur les quais.

ART. 12. — Les expéditions de dynamite sont soumises aux conditions suivantes de surveillance dans les gares de départ et d'arrivée.

Gare de départ. — L'escorte, soit militaire pour les dynamites de

Digitized by Google

l'État, soit civile pour celles de l'industrie privée, est tenue de garder jusqu'au départ du train le convoi de dynamite qu'elle a conduit à la gare expéditrice.

Gare d'arrivée. — Les Compagnies doivent demander à l'autorité militaire une garde pour veiller sur les wagons de dynamite, si le chargement n'est pas enlevé dans un délai de trois heures après l'arrivée du train.

Les frais de l'escorte seront à la charge de l'expéditeur.

ART. 13. — Les Compagnies sont prévenues vingt-quatre heures à l'avance des transports de dynamite qu'elles auront à effectuer.

Lorsque le trajet doit avoir lieu, en totalité ou en partie, sur des lignes à une seule voie, les Compagnies sont prévenues trois jours à l'avance. Elles font connaître, dans le plus bref délai, à l'expéditeur, le jour et l'heure du départ des trains. Les livraisons de dynamite aux gares se font en conséquence.

Lorsque la dynamite doit être expédiée par un train de nuit, elle est amenée à la gare deux heures au moins avant le coucher du soleil et chargée dans les wagons avant la nuit.

Toute manutention de dynamite, pour un chargement, un déchargement et un transbordement, si besoin était, sera faite de jour.

ART. 14. — Chaque expédition de dynamite doit être faite par le plus prochain train susceptible de recevoir cette nature de chargement. Elle doit être enlevée de la gare destinataire dans les douze heures de jour qui suivent son arrivée; si cette condition n'est pas remplie à la diligence du destinataire, la Compagnie du chemin de fer est autorisée à faire cet enlèvement aux frais, risques et périls de ce dernier.

Si les colis ne sont pas acceptés par le destinataire, ils seront immédiatement retournés à l'expéditeur, qui sera tenu d'en prendre livraison aussitôt et de payer les frais pour le double transport et le double camionnage.

ART. 15. — Les agents de la guerre ou de la marine sont tenus de recevoir les voitures chargées de dynamite, quelle que soit l'heure à laquelle elles se présentent.

ART. 16. — Lorsque le transport de la dynamite sera effectué des magasins de l'État à la gare du chemin de fer, et réciproquement, par voie ferrée, les wagons devront arriver à la gare deux heures au plus et une heure au moins avant le départ des trains.

ART. 17. — Les dynamites expédiées par les administrations de la guerre et de la marine peuvent être chargées sur des wagons plats, lorsqu'elles

Digitized by Google

sont contenues dans des voitures des modèles réglementaires affectées au transport de la dynamite pour des usages militaires, et notamment dans les caissons d'artillerie ou les prolonges du génie.

Dans ce cas, les dispositions des art. 3 et 4 du présent règlement, relatives au mode d'emballage comme au poids des caisses ou barils, ne sont pas applicables.

ART. 18. — Par exception aux dispositions de l'art. 2, les munitions de guerre confectionnées en dynamite peuvent être transportées par les trains militaires spéciaux affectés au transport des troupes.

Ces mêmes trains peuvent, par dérogation aux dispositions de l'article 9, recevoir des caisses d'amorces fulminantes, à condition que ces caisses ne soient pas chargées sur les mêmes wagons que ceux de la dynamite ou de la poudre.

ART. 20. — Le règlement du 20 août 1873, pour le transport des dynamites de l'État, est abrogé.

ART. 21 (nouveau). — Les dynamites fabriquées à l'étranger seront admises, dans les mêmes conditions que les dynamites françaises, au transport par chemins de fer, soit par grosses expéditions, soit par expéditions morcelées, à la charge de satisfaire aux prescriptions de l'art. 3 et à celles de l'art. 4 (les §§ III et V exceptés). Elles devront, avant d'être remises au chemin de fer, passer par un entrepôt dûment autorisé sur le sol français et placé aussi près que possible de la frontière.

L'entrepôt devra renfermer un laboratoire d'essai dirigé, aux frais de l'entrepositaire, par le service des mines.

Par assimilation au fabricant visé par l'art. 4 (§ V), l'agent préposé par le fabricant étranger à son entrepôt devra, par un écrit remis, pour chaque expédition, à la Compagnie de chemin de fer recevant ses produits, assumer, tant en son nom qu'en celui du fabricant, la responsabilité de tout accident provenant des vices de la matière transportée.

N° 105.

EXPLOSION SURVENUE LE 27 FÉVRIER 1888, A L'USINE A MEULES N° 30, DE LA POUDRERIE NATIONALE D'ANGOULÊME.

(Lettre collective n° 11.)

Paris, le 29 mai 1888.

Messieurs, une explosion s'est produite, le 27 février dernier,

Digitized by Google

à la poudrerie nationale d'Angoulême, dans l'usine à meules n° 30, au moment de la mise en train sur une composition de 25^{kg} de poudre de mine anguleuse ordinaire, humectée de 4 pour 100 d'eau après tamisage.

Cette explosion n'a pas fait de victimes et les dégâts matériels, peu considérables, n'ont porté que sur la couverture et la devanture de l'usine.

Je vous adresse ci-joint le rapport de M. l'inspecteur général sur cet accident.

Il résulte de l'enquête réglementaire que l'explosion paraît avoir eu pour origine un choc de l'une des meules, laquelle, en dépassant le culot d'une charge précédente et arrivant sur la matière fluide et sans consistance, a porté brusquement dans l'étrier de la suspension et, par l'effet combiné des allongements et flexions des organes de cette suspension et de l'irrégularité du réglage, a donné sur la piste dénudée le choc qui a déterminé l'inflammation de la matiere.

Il ressort des circonstances de cette explosion que la suspension des meules ne saurait constituer une garantie réellement efficace contre les chances d'explosion qu'autant que le réglage de l'appareil est convenablement assuré.

Il importe donc qu'il soit procédé fréquemment, et avec le plus grand soin, à la vérification de ce réglage, en la faisant porter sur tous les points de la piste et en s'assurant que le jeu entre la piste et les meules au repos n'est, en aucun point, inférieur à 4^{mm}.

La nature et l'état de la matière mise sous les meules, et consistant en ternaire de mine, humecté de 4 pour 100 d'eau seulement, paraissent avoir aussi contribué à déterminer l'accident du 27 février, qui confirme les observations déjà faites sur les inconvénients de l'emploi de matières fluides, fuyant devant la meule. Aussi, je crois devoir prescrire, comme mesure de précaution indispensable à prendre quand on triture des matières ternaires sous les meules, de faire l'humectation de ces matières vingt-quatre heures à l'avance, avec des soins particuliers, de manière à assurer la bonne répartition de l'humidité dans la masse, et de procéder, avant chargement sous les meules, au tamisage de le matière humectée.

Ce mode d'humectation préalable, qui a donné de bons résul-

Digitized by Google

tats dans l'établissement qui l'a appliqué, pourra être remplacé ultérieurement par un procédé d'arrosage par disperseur ou pulvérisateur d'eau, qui a l'avantage de parer aux irrégularités inhérentes au mode d'arrosage à la main, et qui a été mis en pratique à la poudrerie de Saint-Médard. Je compte être prochainement en mesure de vous faire connaître le mode d'emploi ou de fonctionnement de l'appareil qui a été installé à ladite poudrerie, où il semble avoir donné des résultats satisfaisants.

En vous invitant à vous conformer strictement aux prescriptions ci-dessus, je vous prie de m'accuser réception de la présente lettre collective.

C. DE FREYCINET.

RAPPORT

sur l'explosion survenue dans l'usine à meules n° 30 de la poudrerie nationale d'Angoulême (27 février 1888).

L'usine à meules n° 30 de la poudrerie nationale d'Angoulême a fait explosion le 27 février 1888, vers $2^h 50^m$ du soir, à la mise en train. La charge se composait de 25^{kg} de matière ternaire, au dosage de mine, humectée de 4 pour 100 d'eau après tamisage; elle avait été mise sur la piste, après l'enlèvement de la charge précédente, pendant que les meules étaient restées sur les culots; le conducteur de l'usine avait eu soin de mettre la matière neuve bien exactement au contact des culots; il était ensuite passé dans le cabinet de la turbine, avait donné le mouvement au moteur et il tenait en main la manivelle de manœuvre lorsque l'explosion s'est produite.

Les dégâts, purement matériels, n'ont pas été considérables; la toiture en serge a été enlevée et projetée à petite distance; la devanture, qui, comme toutes celles des usines de la ligne de Charente, n'est pas vitrée, s'est légèrement inclinée vers l'extérieur en tournant un peu autour de sa base, et les panneaux en serge qui en forment le soubassement ont été jetés sur le sol; les mécanismes sont restés intacts, sauf les deux bassins à l'huile extérieurs qui sont faussés, enfin les ustensiles en service ont été retrouvés en place, et les crins des balayettes sont seuls légèrement roussis.

D'après les circonstances dans lesquelles elle s'est produite, l'explosion du 27 février 1888 paraît être exactement de même nature que celles des 17 janvier, 4 et 14 février 1880, qui ont fait le sujet de la circulaire ministérielle n° 890 du 17 février de la même année, et dont la cause a été attri-

Digitized by Google

buée au déplacement de la matière, « que son état assez justement qualifié de fluide fait fuir sous la pression des meules ». La matière mise sous les meules de l'usine n° 30 d'Angoulême était, en effet, un ternaire de mine ordinaire, à 62 pour 100 de salpêtre, que les nécessités de la fabrication avaient conduit à humecter de 4 pour 100 d'eau seulement et qui, par conséquent, présentait à un haut degré le caractère de mobilité ou de fluidité signalé par la circulaire précitée. Cet état de la matière qui, dans les anciennes usines à meules, suffisait pour rendre le travail dangereux, surtout à la mise en train, n'avait pas paru présenter d'inconvénients dans les usines actuelles de la poudrerie d'Angoulême, où les meules sont pourvues d'appareils de suspension : il y avait tout lieu de croire que, même dans le cas où la matière viendrait à fuir sous la pression, les meules ne pourraient plus tomber sur la piste et que, par conséquent, le choc résultant de la chute des meules sur la fonte, qui est en pareil cas la cause déterminante de l'explosion, ne se produirait plus. L'événement a prouvé que l'on ne devait pas compter d'une manière absolue sur les appareils de suspension pour empêcher la meule de venir au contact de la piste : il peut arriver que, par l'effet des actions exercées par les meules sur les appareils de suspension et des réactions de ces appareils sur l'arbre vertical, ses supports et les charpentes, le règlage des meules, qui détermine leur distance à la piste, cesse d'être assuré, et il est évident que si, à la suite d'un effort produit pendant la marche, l'arbre qui porte la potence n'est plus absolument vertical et s'incline par un mouvement du boîtard dû à la flexion des charpentes, les meules doivent, en un certain point de leur parcours, se rapprocher de la piste et peuvent même venir au contact du bassin.

Un déplacement de ce genre s'est produit dans l'usine n° 30 : en visitant les mécanismes au cours de l'enquête, et en faisant tourner autour de l'arbre vertical les meules portées par les tiges de suspension, nous avons reconnu qu'une des meules venait, en un point de son parcours, toucher par son bord extérieur la surface de la piste. Cette constatation donne l'explication de l'accident : l'une des meules, en dépassant, au moment de la mise en train, le culot de la charge précédente et en arrivant sur une matière fluide et sans consistance, a porté brusquement dans l'étrier de la suspension et, par l'effet combiné des allongements et flexions des organes de suspension et de l'irrégularité du réglage, a donné un choc sur la piste et déterminé l'inflammation de la matière. Les explications et descriptions données par le rapport de l'ingénieur de la poudrerie nous paraissent très probantes, et il serait superflu d'y rien ajouter.

L'accident du 27 février est donc tout à fait fortuit et il a fallu, pour le déterminer, le concours de diverses circonstances dont les principales sont la mobilité de la matière mise sous les meules et un déplacement acciden-

Digitized by Google

tel de l'appareil de suspension. Il ne nous paraît donc pas dû ni à la négligence, ni au défaut de soins, ni à aucune cause que la surveillance ait pu prévenir, et il n'engage en rien la responsabilité du personnel de la poudrerie.

Mais, de la discussion qui précède, se déduisent les deux conséquences suivantes :

1° Il faut éviter, même dans les meules pourvues d'appareils de suspension, de faire emploi de matières inconsistantes, mobiles ou fluides, et par conséquent on devra, lorsque les besoins de la fabrication conduiront à travailler sous les meules des matières ternaires contenant moins de 8 pour 100 d'eau, faire l'humectation préalable de ces matières avec des soins tout particuliers de manière à assurer la bonne répartition de l'humidité dans la masse : dans ce but, on recourra soit au procédé d'arrosage par disperseur ou pulvérisateur d'eau qui a été essayé avec succès à la poudrerie nationale de Saint-Médard, soit au procédé de tamisage des matières, douze heures au moins après humectation et touillage, qui a été pratiqué à la poudrerie nationale de Sevran-Livry.

2° Il faut empêcher les meules suspendues de venir au contact du bassin ; on devra donc vérifier fréquemment le réglage des appareils de suspension, non seulement en un point de leur parcours, mais encore dans toutes les parties de la piste; on adoptera 4^{mm} comme distance moyenne, et si l'on constatait qu'en certains points la distance se réduit à moins de 2^{mm}, on procéderait soit à un nouveau réglage, soit au besoin au dressage de la piste.

Paris, le 16 mars 1888.

L'inspecteur général,
CH. ARNOULD.

N° 106.

EXPLOSION SURVENUE LE 3 MARS 1888, A L'USINE A MEULES N° 14 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE TOULOUSE.

(Lettre collective n° 12.)

Paris, le 29 mai 1888.

Messieurs, une explosion s'est produite, le 3 mars dernier, à la poudrerie nationale de Toulouse, dans l'usine à meules n° 14, pendant le nettoyage hebdomadaire.

Cette explosion, survenue dans des circonstances exception-

Digitized by Google

nelles, n'a présenté aucun caractère de gravité et n'a entraîné que des pertes matérielles de peu d'importance.

Je vous envoie, ci-joint, le rapport de M. l'inspecteur général sur cet accident.

Bien qu'il ne soit pas possible de préciser d'une manière certaine la cause de l'accident, il y a lieu de penser qu'elle a pu être déterminée par la présence sur le grattoir d'un corps étranger qui, entraîné par le mouvement de la meule, aura produit une étincelle enflammant les matières restées sur le grattoir, et la combustion se sera propagée par une traînée de poussier jusqu'au boisseau aux balayures, renfermant 1^{kg} environ de matières, qui a été le seul et véritable centre d'explosion.

Les circonstances de cette explosion montrent qu'il faut éviter pour les nettoyages de descendre les meules au contact de la piste, parce que cette opération, qui a d'ailleurs l'inconvénient d'exiger un réglage à nouveau de la suspension, peut, dans certains cas, occasionner entre la circonférence de la meule et la lame du grattoir un rapprochement dangereux.

En conséquence, pour les meules suspendues, qui peuvent tourner à la main autour des essieux, les nettoyages ordinaires se feront, sans descendre les meules sur la piste, au moyen d'une éponge imbibée d'eau tiède, avec laquelle on frottera et lavera toute la jante des meules et la piste, et, dans les nettoyages exceptionnels et complets qui comportent la visite des essieux et le démontage des diverses pièces, les meules ne seront descendues au contact de la piste qu'après avoir subi le lavage à l'éponge. C'est seulement pour les meules non suspendues, qui sont encore en service dans quelques poudreries, que les nettoyages se feront au moyen de la marche sur la piste couverte d'eau. Les prescriptions de la circulaire du 16 novembre 1880, qui concerne le râclage des matières dures ou adhérentes aux surfaces, continueront d'ailleurs d'être observées.

C. DE FREYCINET.

Digitized by Google

RAPPORT

sur l'explosion de l'usine à meules n° 14 de la poudrerie nationale de Toulouse (3 mars 1888).

Les circonstances dans lesquelles a eu lieu l'explosion du 3 mars, à l'usine à meules n° 14 de la poudrerie nationale de Toulouse, sont tout à fait exceptionnelles : l'usine était en cours de nettoyage; toute la charge de poudre, y compris les culots, avait été enlevée et conduite au dépôt; les meules, après avoir été mises sur les cuirs, avaient été descendues par le desserrage des écrous des tiges de suspension; la partie libre de leur pourtour avait été humectée à l'éponge; elles avaient été ensuite légèrement déplacées, les cuirs enlevés et le bassin couvert d'eau; il ne restait dans l'usine qu'un petit boisseau contenant environ 1^{kg} de balayures et devant recevoir, au fur et à mesure du nettoyage, les poussiers restés sur les mécanismes et les charpentes. Le conducteur de l'usine s'était rendu dans le cabinet de la turbine pour donner le mouvement au moteur et faire tourner les meules dans l'eau. Au moment où la turbine partait, le conducteur de l'usine contiguë, en s'avançant pour voir où en était son camarade et lui prêter la main au besoin, aperçut de la fumée dans l'usine n° 14, avertit le conducteur qui ferma aussitôt sa turbine, et courut lui-même à la vanne de garde au fond du cabinet pour l'abaisser : à l'instant où il y arrivait, l'explosion se produisit. Le boisseau de balayures avait sauté.

Les dégâts sont de très faible importance : une partie des carreaux de la devanture ont été brisés; un pan de serge de quelques mètres carrés, dans la partie de la couverture qui se trouvait au-dessus du boisseau, a été soulevé et déchiré; le surplus du bâtiment n'a subi aucune avarie; le ciel en serge placé au-dessus des meules n'a pas été endommagé, aucune partie du mécanisme n'a souffert; tous les ustensiles en service dans l'usine, sauf le boisseau à balayures, sont restés intacts et ont été retrouvés en place.

Le directeur de la poudrerie de Toulouse a pensé que l'accident du 3 mars n'avait pas un caractère de gravité suffisant pour nécessiter l'accomplissement des formalités prescrites par l'instruction de 1881; il a fait immédiatement réparer le bâtiment, visiter et remonter les mécanismes et il aurait remis l'usine en marche si le ministre ne l'eût rappelé à l'observation des règles en vigueur. Je n'ai donc pu, lorsque je me suis rendu à la poudrerie, faire sur les lieux aucune vérification ou constatation utile, et les détails donnés ci-dessus sont le résumé des déclarations faites dans l'enquête.

Digitized by Google

De toutes les dépositions, il ressort que les nettoyages des meules se font, à la poudrerie de Toulouse, avec toutes les précautions prescrites en vue de la sécurité, et que ces précautions ont été observées le 3 mars dans l'usine n° 14; j'estime donc que le léger accident qui s'est produit est tout à fait fortuit et ne peut être attribué ni à la négligence, ni au défaut de soins, ni à toute autre cause que la surveillance aurait pu prévenir.

Il a pu être déterminé par la présence entre le grattoir et la meule d'un corps étranger, peut-être un gravier introduit par l'eau ou par l'éponge, qui, entraîné par le mouvement de la meule entre les deux surfaces, aura produit une étincelle enflammant les matières et les poussiers qui restent sur le grattoir; la combustion ainsi déterminé se sera propagée, par une sorte de traînée formée des poussiers encore adhérents aux pièces des mécanismes et de la charpente, jusqu'au boisseau de balayures qui a été le seul et véritable centre de l'explosion.

Il ne paraît pas possible de renoncer à l'emploi de ce boisseau ou de le mettre hors de l'usine pendant le nettoyage, puisqu'il est destiné à recevoir précisement le produit de ce nettoyage; la marche adoptée à Toulouse n'appelle donc aucune modification sur ce point. Mais elle me paraît susceptible d'amélioration dans une autre partie : il n'est pas nécessaire de desserrer les appareils de suspension, de descendre les meules au contact de la piste et de les faire marcher dans l'eau; cette opération, qui exige un réglage à nouveau de la suspension et qui peut en outre, dans certains cas, occasionner entre la circonférence de la meule et la lame du grattoir un rapprochement dangereux, sera évitée si l'on prend soin de nettoyer la piste et la jante des meules au moyen d'une éponge imbibée d'eau tiède; dans les meules suspendues, qui peuvent tourner à la main dans les étriers, l'éponge mouillée peut agir sur toutes les parties de la meule et le nettoyage se fait très complètement, sans déterminer aucun choc et sans obliger d'agir sur le moteur. Je pense donc qu'il y a lieu de prescrire l'emploi de ce procédé pour le nettoyage hebdomadaire des meules suspendues; la marche dans l'eau serait réservée pour les meules non suspendues qui sont encore en service dans quelques poudreries, et pour les nettoyages exceptionnels et complets qui comportent la visite des essieux ou le démontage du mécanisme. Les prescriptions de la circulaire n° 6140 du 16 novembre 1880, qui concernent le râclage des matières dures et adhérentes aux surfaces, continueront d'ailleurs d'être observées.

Paris, le 7 mars 1888.

L'inspecteur général,
CH. ARNOULD.

Digitized by Google

N° 107.

CONDITIONS DE RECETTE DE LA POUDRE $A\frac{s}{11}$.

(Lettre collective n° 18.)

Paris, le 25 août 1888.

Messieurs, je vous informe qu'après entente avec M. le ministre de la marine, les conditions de recette de la poudre $A\frac{s}{11}$ paraffinée, indiquées dans la note jointe à la lettre collective du 10 septembre 1887 (n° 14), ont été modifiées ainsi qu'il suit :

	CANON DE 10cm modèle 1875 M.	CANON DE 10cm modèle 1881.
Charge (poudre $A\frac{s}{11}$ paraffinée)....	4kg,600	4kg,500
Projectiles.... Poids.....	14kg,	14kg
Projectiles.... Montage.....	9 juillet 1880. Ceinture à 20mm du culot.	
Densité de chargement.....	0,968	0,965
Vitesse initiale. Maximum.....	516m,0	515m,0
Vitesse initiale. Minimum.....	507m,0	506m,0
Écart moyen maximum	2m,50	2m,50
Pression à la culasse inférieure à...	2650kg,0	2650kg,0

En portant cette modification à votre connaissance, je crois devoir ajouter qu'elle n'impose aucun changement à la fabrication de la poudre : elle est simplement la conséquence de la nouvelle distance de la ceinture au culot du projectile.

Les conditions qui se rapportent aux caractères physiques de la poudre ne sont donc point modifiées.

C. DE FREYCINET.

Digitized by Google

N° 108.

EXPLOSION SURVENUE, LE 9 MAI 1888, DANS LES USINES A MEULES N^os^ 18 ET 19 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-CHAMAS.

(Lettre collective n° 19.)

Paris, le 1^er^ septembre 1888.

Messieurs, une explosion s'est produite, le 9 mai dernier, à la poudrerie nationale de Saint-Chamas, dans les usines à meules n^os^ 18 et 19, chargées chacune de 25^kg^ de poudre RFG_2, qui avait déjà subi $4^h\frac{3}{4}$ de trituration sur 5, sans qu'aucun fait anormal ait été constaté.

Cette explosion n'a heureusement pas fait de victimes, mais elle a présenté une violence exceptionnelle, lézardant dans toute leur hauteur les murs de fond des deux usines, soulevant les toitures et brisant les carreaux des usines et ateliers voisins.

Je vous envoie, ci-joint, le rapport de M. l'inspecteur général sur l'accident.

Il résulte de l'enquête réglementaire que l'explosion initiale s'est produite dans l'usine n° 18 pendant la marche et peu de temps après la sortie du conducteur, et que l'explosion de l'usine n° 18 a déterminé celle de l'usine n° 19, qui a eu lieu après un intervalle de quelques secondes.

Le rapport de M. l'inspecteur général fait connaître que l'explosion de l'usine n° 18 doit être attribuée, non à une des causes ordinairement invoquées pour expliquer les explosions d'usines à meules, mais aux frottements énergiques exercés sur la piste par les débris d'une hausse en zinc qui ait été établie sur le rebord en fonte pour l'essai de suppression des grattoirs, prescrit par la lettre collective n° 31 du 21 décembre 1886, et qui serait tombée sur la piste, soit que cette hausse ait été déplacée par les soubresauts des meules, soit qu'elle ait été accrochée et entraînée par le bec du repoussoir.

Ce rapport appelle, en outre, particulièrement l'attention sur la communication du feu de l'usine n° 18 à l'usine n° 19, laquelle paraît s'être faite par la toiture et peut être attribuée à la chute d'un débris enflammé, qui sera tombé dans la seconde usine après

Digitized by Google

le soulèvement ou l'arrachement de la couverture par la première explosion.

Dès que les circonstances dans lesquelles s'est produit l'accident du 9 mai m'ont été connues, des instructions ont été adressées aux directeurs des poudreries, au sujet de l'établissement des rapports sur les essais de suppression des grattoirs. Ces essais doivent, dès à présent, être considérés comme terminés, et les mécanismes qui avaient été modifiés en vue de ces essais doivent être rétablis dans leur état primitif. La hausse en zinc sera donc enlevée, et, avec elle, disparaîtra la cause de dangers qui a été signalée et à laquelle a été attribuée l'explosion de l'usine n° 18 de Saint-Chamas. Mais il importe qu'en remontant les grattoirs, provisoirement supprimés, des précautions soient prises pour éviter les accidents auxquels ont donné lieu ces organes : je renouvelle donc les recommandations déjà faites aux ingénieurs pour le parfait entretien des appareils à poudre, et je rappelle que, dans les usines à meules, le moyen le plus efficace d'empêcher les vibrations, les chocs et la fatigue des grattoirs, c'est de tenir la surface des meules roulantes nette et lisse, et, à cet effet, de réparer sur le tour, ou de remplacer au besoin, les meules qui seraient gravées de piqûres profondes et auxquelles la matière en cours de travail adhérerait trop fortement.

Quant au danger de communication du feu entre les usines à meules d'un même groupe, il me paraît possible d'y obvier par l'installation d'appareils d'inondation instantanée : des appareils de ce genre ont été établis dans les groupes d'usines doubles ou multiples de plusieurs pondreries et y fonctionnent d'une manière satisfaisante; quelques difficultés provenant de la disposition même des groupes ont empêché jusqu'ici de les monter dans les usines de la poudrerie de Saint-Chamas; mais ces difficultés ne sont pas insurmontables et je ne doute pas que les ingénieurs ne parviennent à les résoudre; des projets d'installation de bassins d'inondation, dans les usines à meules des groupes qui en sont encore dépourvus, seront donc étudiés immédiatement et me seront soumis avant la fin de l'année courante.

J'appelle, en outre, l'attention des directeurs des poudreries sur les mesures indiquées par le rapport de M. l'inspecteur général pour compléter l'isolement des usines d'un même groupe, et

Digitized by Google

en particulier sur l'utilité que présente le couronnement des murs latéraux par des grillages métalliques : ces grillages ont déjà été établis à un grand nombre d'usines, et l'expérience a prouvé qu'ils peuvent arrêter certains débris projetés par les explosions et principalement des bandes de serge ou des morceaux de voliges provenant des couvertures. Il convient donc d'en généraliser l'emploi, et j'invite les directeurs à me présenter sans retard les projets relatifs à leur installation.

C. DE FREYCINET.

RAPPORT

sur l'explosion des usines à meules n^os^ 18 et 19, survenue le 9 mai 1888, à la poudrerie nationale de Saint-Chamas.

Les usines à meules n^os^ 18 et 19 de la poudrerie de Saint-Chamas ont fait explosion, le 9 mai dernier, à 7^h^ 15^m^ du matin. L'enquête a démontré que c'est l'usine 18 qui a sauté la première et déterminé l'explosion de sa voisine, par suite sans doute de la chute, à l'intérieur de celle-ci, de débris enflammés. Elles étaient l'une et l'autre chargées de 25^kg^ de poudre RFG^2^, qui avait déjà subi 4^h^45^m^ de trituration sur 5, sans qu'aucun fait anormal eût été constaté. Le conducteur habituel du groupe, le poudrier de première classe Gady, venait de quitter l'usine 18, dont il avait trouvé la matière trop fraîche pour le galetage, qui devait s'opérer à environ 4 pour 100 d'humidité, et il se trouvait auprès de la piste de l'usine 19, quand il entendit la détonation et aperçut la flamme au-dessus des mécanismes. Il contournait à peine, en se sauvant, l'angle du mur latéral opposé, que l'explosion se produisait dans la seconde usine. Il n'a pas été atteint, non plus que son servant, l'auxiliaire Callamand, qui manœuvrait en ce moment les vannes, derrière le groupe.

La double explosion a présenté une violence exceptionnelle : des débris de planches ont été lancés sur la montagne, qui surplombe de 25^m^ le chemin de service; les murs de fond des deux usines sont lézardés sur toute leur hauteur; des parties de toitures ont été soulevées et de nombreux carreaux de vitres ont été brisés dans les usines voisines, dans les devantures desquelles les panneaux à charnière se sont ouverts, en diminuant ainsi les dégâts. Le bris des carreaux s'est étendu jusqu'à la composition n° 30 et au dépôt n° 31. Ces effets, inusités dans les explosions d'usines à meules, s'expliquent, en dehors de l'emploi de la charge de 25^kg^, par la

Digitized by Google

longue trituration et l'état de sécheresse de la matière et peut-être même aussi par le voisinage de la paroi verticale de la montagne.

Quant à la cause de l'explosion de l'usine 18, elle ne paraît susceptible d'être attribuée à aucune des hypothèses ordinairement invoquées en pareil cas : présence d'un corps étranger à la matière, choc d'un grattoir contre la meule correspondante, accélération accidentelle de vitesse, chute, avec frottement, d'une meule sur la piste dénudée, enfin dérangement dans le mécanisme. Toutes ces causes, successivement examinées, ont dû, en effet, être écartées. Un morceau de zinc retrouvé dans le voisinage des usines de la ligne inférieure paraît, au contraire, conduire à la constatation de la cause cherchée.

L'usine 18 était celle qui avait été choisie pour l'essai de suppression des grattoirs prescrite par la lettre collective n° 31, du 21 décembre 1886. Ce choix avait été motivé par le mauvais état des meules et surtout de l'une d'elles, qui était assez fortement piquée pour que l'adhérence de la matière eût, à diverses reprises, produit et nécessité le remplacement du grattoir. Il n'était pas heureux : en voulant éviter un inconvénient certainement grave, on tombait, en effet, dans un autre, celui de la persistance, à la surface de la meule, de plaques de matières que le passage sur la piste ne suffisait pas à détacher et dont l'accumulation devait nuire au fonctionnement régulier du mécanisme.

Quoi qu'il en soit, l'usine 18 fonctionnait depuis environ 15 mois d'une façon assez satisfaisante pour que les ingénieurs n'aient pas cru devoir se préoccuper de l'encroûtement des meules, et, suivant les prescriptions de la lettre collective ci-dessus rappelée, le rebord du bassin avait reçu une hausse en zinc. Cette hausse, formée de trois pièces (la lettre collective n'en supposait qu'une ou deux au plus), manquait de solidité ; elle avait déjà dû être réparée à plusieurs reprises, et une nouvelle réparation, réclamée par le conducteur de l'usine, devait être prochainement exécutée. Or, des débris de zinc en provenant ont été retrouvés, depuis l'accident, dans des positions que ne comportait pas leur projection à l'état normal, et l'un de ces débris (1), retrouvé dans le voisinage de l'usine n° 20, porte l'empreinte d'un frottement énergique exercé sous l'influence du repoussoir, dans l'angle formé par le fond et le rebord du bassin, empreinte qui correspond à une rayure existant audit rebord, au niveau de la partie supérieure du repoussoir. Ce débris a donc dû être entraîné dans le mouvement des meules, et cela avant l'explosion, puisqu'il a été projeté au loin par cette explosion. De là la conclusion, qui nous semble s'imposer, au sujet de la cause de l'accident, laquelle se trouverait dans la chute sur la piste d'une pièce de la hausse

(1) Ce débris est joint au rapport.

Digitized by Google

en zinc, et dans les frottements énergiques qu'y ont exercés les débris de cette pièce métallique. Quant à sa chute, elle a son explication naturelle dans le manque de solidité de l'ensemble de la hausse, laquelle est signalée comme ayant été bosselée dans le service, s'appliquant mal sur le rebord en fonte, et ayant besoin d'une réparation. Dans ces conditions n'a-t-il pas pu suffire des soubresauts des meules pour déplacer la pièce? Le Rapport de l'ingénieur signale d'autres raisons de ce déplacement : « Le bec du repoussoir, y est-il dit, devait se trouver à $0^m,03$ seulement au-dessous de la partie inférieure de la hausse, laquelle s'enfonçait de $0^m,08$ à l'intérieur du bassin. Le conducteur, à sa dernière visite, s'est-il involontairement appuyé sur la hausse et l'a-t-il fait descendre, ou bien le repoussoir, qui est très libre dans ses guides, s'est-il relevé par suite d'une accumulation exceptionnelle de matière, ou bien les deux faits se sont-ils passés simultanément, de sorte que la hausse aurait été déplacée et se serait trouvée déchirée par le repoussoir? »

Si nous relevons ces explications, c'est que le fait de la possibilité de l'accrochement de la partie inférieure de la hausse par le bec du repoussoir nous semble présenter une gravité exceptionnelle, attendu qu'il peut se produire dans toutes les poudreries, où l'expérience de la suppression des grattoirs se poursuit.

La conclusion à tirer de l'accident du 9 mai est d'ailleurs plutôt favorable que contraire à cette suppression, qui a permis de faire fonctionner, dans des conditions à peu près satisfaisantes, un mécanisme dans lequel la présence des grattoirs était devenue si manifestement dangereuse. Quelle que soit la cause qui a amené la hausse en zinc sur la piste, cette cause peut être évitée, et d'ailleurs ce n'est qu'à titre d'essai que l'emploi de cette hausse a été indiqué, l'adoption du dispositif étranger devant entraîner le remplacement des bassins actuels par des bassins à plus forte saillie et plus rapprochés du sol.

La particularité la plus saillante de l'accident du 9 mai est celle de la communication du feu entre les usines 18 et 19, attendu que, sur plus de 30 explosions d'usines à meules, c'est la première fois que ce fait se produit à Saint-Chamas, où l'isolement des deux usines du même groupe est plus parfait que partout ailleurs. Cette communication, qui a failli coûter la vie au poudrier Gady, paraît s'être faite par la toiture, et il y a lieu d'examiner s'il n'est pas possible de l'empêcher de se reproduire. L'ingénieur passe en revue dans son rapport les deux moyens en usage pour s'opposer à la propagation des explosions entre deux usines voisines, et les repousse l'un et l'autre : les bassins d'inondation, à cause des difficultés de transmission, et les grillages métalliques, à cause de l'insuffisance de leur hauteur. Nous croyons cette conclusion un peu hâtive, quand il

Digitized by Google

s'agit de protéger la vie humaine. La transmission indirecte du mouvement entre les deux bassins est évidemment moins favorable que leur installation sur un arbre commun; mais elle ne nous semble pas moins devoir être étudiée et essayée.

Quant aux couronnements des murs latéraux par des grillages métalliques, bien qu'on ne puisse compter sur sa complète efficacité contre des explosions lançant les débris à plus de 25^{m} en l'air, ce grillage peut encore constituer une protection sérieuse, surtout si on lui donne une hauteur verticale de 5^{m} à 6^{m}, et il y aurait sans doute là encore un essai à tenter sur un des groupes d'usines. Enfin, il n'est pas assez certain que le feu ne se soit pas propagé par les devantures, pour qu'on néglige d'étudier et d'essayer l'emploi d'un mode de fermeture des baies au-dessous des coursiers. A nos yeux, nous le répétons, le respect de la vie humaine commande aux ingénieurs de ne négliger aucun des préservatifs indiqués par l'expérience.

En ce qui concerne le personnel de l'établissement, nous avons eu, au cours de la minutieuse enquête à laquelle il a été procédé, la satisfaction de constater que ce personnel a complètement fait son devoir et qu'il doit en conséquence, à tous les degrés, être dégagé de toute responsabilité du fait de l'accident.

Les meules eussent sans doute dû, depuis longtemps, repasser sur le tour et la hausse en zinc, qui avait subi de nombreuses réparations, eût peut-être elle-même dû être remplacée, si l'on n'eût considéré comme touchant à sa fin l'expérience en cours; mais cette constatation peut tout au plus motiver une recommandation collective à tous les ingénieurs, pour le parfait entretien de tous les appareils à poudres et la minutieuse étude de toute installation nouvelle, dans laquelle la négligence du moindre détail peut compromettre la sécurité du travail. Quant au personnel inférieur de Saint-Chamas, nous avons eu lieu de constater le bon service du sous-chef poudrier Vion, chargé de la surveillance des usines à meules, et le poudrier Gady, qui a vu la mort de si près, nous paraît mériter une gratification dont nous proposons de fixer le chiffre à la somme de 50^{fr}.

En ce qui concerne l'expérience relative à la suppression des grattoirs, nous pensons que cette expérience peut être considérée comme ayant eu une durée suffisante, et, si M. le ministre le juge convenable, nous profiterons de notre très prochaine tournée d'inspection générale pour en recueillir les résultats et adresser nos propositions sur la suite à donner.

L'usine 18 de Saint-Chamas peut, en attendant, être remise en mouvement, avec ou sans grattoirs, à la condition que les meules détériorées auront été préalablement remises en état par un tournage suffisant, ou rem-

Digitized by Google

placées par des meules à surface lisse, disponibles dans d'autres poudreries.

Paris, le 31 juillet 1888.

L'inspecteur général des poudres et salpêtres,
G. MAUROUARD.

N° 109.

INCENDIE SURVENU, LE 25 JUIN 1888, DANS LE LABORATOIRE DE LA COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES, A LA POUDRERIE NATIONALE DE SEVRAN-LIVRY.

(Lettre collective n° 20.)

Paris, le 1er septembre 1888.

Messieurs, un commencement d'incendie s'est déclaré, le 25 juin dernier, dans le bâtiment n° 14 de la poudrerie nationale de Sevran-Livry, affecté au laboratoire de la Commission des substances explosives.

Le feu, qui avait pris naissance dans une armoire servant à conserver les produits chimiques nécessaires aux travaux du laboratoire, a été éteint avant qu'il ait eu le temps de se développer, et les dégâts occasionnés sont relativement peu importants.

Je vous adresse, ci-joint, le rapport de M. l'inspecteur général sur cet accident; il ressort de ce rapport que l'accident est dû à la rupture, sous les influences atmosphériques, d'un des flacons renfermés dans l'armoire et contenant l'acide.

Il est donc de même ordre et de même origine que les ruptures de touries avec combustion des paniers, qui ont été déjà constatées dans les établissements de fabrication des explosifs azotés. Mais les précautions qui ont été recommandées dans ce dernier cas, et qui consistent à fermer les touries par des bouchons en grès percés d'un petit trou central et recouverts d'un capuchon en toile et à arroser les paniers d'une dissolution de chlorure de calcium, ne sont pas applicables aux laboratoires.

Dans ces derniers locaux, les dispositions qui doivent être prises, en vue de la sécurité, consistent à isoler des autres produits les

Digitized by Google

liquides acides ou corrosifs, et à mettre les flacons qui les renferment dans des cuvettes inattaquables aux acides et de capacité suffisante pour retenir tout le contenu des flacons en cas de rupture, de telle sorte que les acides ne puissent venir au contact des matières combustibles.

Il conviendra, en outre, pour faciliter la surveillance et la vérification de l'état de conservation des produits, de fermer les armoires des laboratoires par des panneaux vitrés, à l'exclusion des panneaux pleins en bois.

C. DE FREYCINET.

RAPPORT

sur l'incendie survenu, le 25 juin 1888, au laboratoire de la Commission des substances explosives, à la poudrerie nationale de Sevran-Livry.

Le bâtiment n° 114, qui porte la dénomination de laboratoire de la Commission des substances explosives, dans l'enceinte réservée aux opérations de cette Commission, se compose de quatre pièces, qui ont les affectations indiquées au plan ci-après.

Le 25 juin, à $6^h 30^m$ du matin, trois des ouvriers employés aux travaux de la Commission remarquaient, en longeant le côté est du bâtiment 114, que les carreaux des fenêtres présentaient une teinte sombre, telle que celle qui serait produite par une épaisse fumée répandue à l'intérieur.

En pénétrant par la porte située sous la véranda, dans le petit laboratoire, ils constatèrent, en effet, que cette pièce était remplie de fumée, et, attirés par des crépitements qu'ils entendaient dans la pièce voisine (bureau), dont la porte de communication était ouverte, ils s'aperçurent que l'armoire, à droite de la porte, brûlait. L'atmosphère était irrespirable; les fenêtres furent immédiatement ouvertes, et les flammes s'élancèrent aussitôt du compartiment de l'armoire, voisin de la porte; mais l'incendie fut vite maîtrisé au moyen d'une pompe Zapfle et de quelques seaux d'eau.

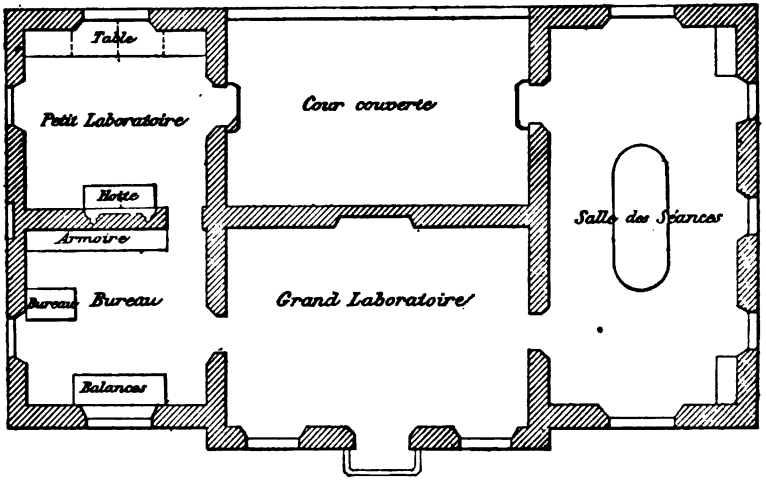
L'armoire est à trois compartiments séparés par des cloisons verticales. L'intérieur du premier compartiment n'existait plus : les tablettes avaient cédé, les récipients et les produits étaient tombés pêle-mêle au-dessous des tiroirs qui séparaient la partie inférieure du corps principal du meuble; le compartiment du milieu, moins fortement atteint, devra pourtant être entièrement rétabli; le compartiment de gauche était intact.

Le feu avait, en outre, troué le plancher au-dessous du premier com-

Digitized by Google

partiment et endommagé l'enduit en plâtre auquel ce compartiment est adossé, ainsi que la partie horizontale du chambranle de la porte voisine, par laquelle un appel d'air s'était produit vers la hotte du petit laboratoire. Deux carreaux des panneaux de fermeture de cette hotte, et tous ceux des fenêtres de la pièce où l'incendie s'était produit, avaient été fendus par la chaleur. Le plafond avait été légèrement endommagé au-

Fig. 1.



dessus de l'armoire et partout ailleurs noirci par la fumée, ainsi que les murs, qui portent, en outre, de nombreuses traces noirâtres produites par la condensation des vapeurs. Le sol et les tables étaient recouverts d'une épaisse couche de noir de fumée, dégagé par la combustion très lente des composés organiques renfermés dans l'armoire.

Cette armoire servait à conserver les produits chimiques et les réactifs nécessaires aux travaux de laboratoire; dans le compartiment détruit se trouvaient les sels des diverses bases, particulièrement les sels alcalins et alcalino-terreux, quelques réactifs tels que du brome, de l'azotate d'argent, etc.

Dans la partie inférieure de ce compartiment, on rangeait, sur des rayons, les acides et en particulier ceux d'un usage courant, tels que les acides sulfurique, nitrique et chlorhydrique.

Quelques grammes de bellite et des échantillons des éléments de la romite, se trouvaient, en outre, sur un des rayons.

Le compartiment voisin contenait les produits de la chimie organique :

Digitized by Google

naphtaline, naphtilamine, naphtols, ainsi que des liquides inflammables tels que sulfure de carbone, acétone, éther, chloroforme; enfin le dernier compartiment recevait des appareils en verre et des étuis vides de divers modèles.

Les ouvriers, qui avaient nettoyé le laboratoire le dimanche matin, n'avaient constaté aucun dégagement anormal de vapeurs, ni aucune odeur.

L'incendie a donc pris naissance très probablement pendant la nuit : tous les produits solides qui se trouvaient dans l'armoire étant absolument stables, il ne paraît pas douteux que l'accident doive être attribué à la rupture d'un des flacons contenant l'acide nitrique, rupture déterminée par l'état orageux et l'élévation de la température de l'atmosphère pendant la journée du 24 juin et la nuit du 24 au 25; il est même possible que les violents coups de tonnerre, qui se sont produits pendant cette même nuit aient contribué à cette rupture par les ébranlements qu'ils ont occasionnés.

L'échauffement résultant de l'attaque du bois par l'acide a été suffisant pour amener le bris d'autres flacons et les réactions chimiques, qui se sont produites, ont élevé la température, de manière à brûler lentement les composés organiques renfermés dans l'armoire.

Les dégâts sont peu importants : la remise en état du bâtiment nécessitera un lessivage des murs, le grattage du plafond, quelques raccords d'enduit, le remplacement des carreaux et enfin, comme dépense plus importante, le remplacement de l'armoire, le tout comportant une dépense évaluée à 425^{fr}. Les pertes en verrerie et produits chimiques sont évaluées à environ 300^{fr}.

La cause et les circonstances de l'accident sont trop nettes pour qu'il soit possible d'hésiter sur son caractère purement fortuit. Il y a donc lieu de dégager le personnel de l'établissement de toute responsabilité du fait de l'incendie du 25 juin 1888.

Quant à l'enseignement à en tirer au point de vue de la sécurité des laboratoires, il n'est pas moins net, et cette sécurité nous paraît exiger que les prescriptions suivantes soient adressées aux établissements du service des poudres et salpêtres.

1° Les acides seront isolés des autres produits et placés dans des cuvettes inattaquables à ces acides, et munies de rebords pour les empêcher de se répandre en cas de rupture des vases qui les contiennent. A défaut de cuvettes ainsi constituées, les acides devront être placés dans des conditions telles qu'ils ne puissent, en aucun cas, se trouver en contact avec des matières d'une combustion facile, comme le bois.

2° Les armoires des laboratoires seront fermées par des panneaux vi-

Digitized by Google

trés permettant de s'assurer, par un simple coup d'œil, de la nature des produits placés à l'intérieur et de leur état de conservation.

Paris, le 3 août 1888.

L'inspecteur général des poudres et salpêtres,
G. MAUROUARD.

N° 110.

INCENDIE SURVENU, LE 22 JUIN 1888, DANS UN SÉCHOIR A COTON DE LA POUDRERIE NATIONALE DU MOULIN-BLANC.

(Lettre collective n° 21.)

Paris, le 30 septembre 1888.

Messieurs, un commencement d'incendie est survenu, le 22 juin dernier, au séchoir à coton installé dans le bâtiment n° 1 de la poudrerie nationale du Moulin-Blanc.

Le coton contenu dans le cylindre n° 6 (30^{kg} environ) a pris feu, produisant une flamme assez vive, mais promptement éteinte, grâce à la rapidité des secours apportés par les ouvriers employés au séchoir; les dégâts sont sans importance.

Bien que l'enquête et les dépositions ne permettent pas de fixer d'une manière certaine la cause de cet accident, il est permis de supposer que l'inflammation a été spontanée et qu'elle a pu être déterminée par le contact de la vapeur avec du coton qui aurait retenu quelques traces du chlore ou des hypochlorites employés à son blanchiment.

Quelle que soit la cause de cette inflammation, il importe de prendre les dispositions nécessaires pour qu'un incendie survenant dans un séchoir à coton soit combattu aussi promptement que possible, et, en tous cas, reste localisé dans l'usine même où il se déclare. L'installation des séchoirs devra donc désormais être faite conformément aux règles suivantes :

1° Employer exclusivement des matériaux incombustibles dans la construction du bâtiment.

2° Dans les séchoirs à cylindres, établir au-dessus de chaque cylindre une pomme d'arrosoir communiquant avec une conduite

Digitized by Google

d'eau sous pression et alimentée par un robinet spécial à chaque cylindre et placé en un point toujours accessible, même pendant l'incendie du cylindre.

Dans les séchoirs à table, établir, à l'intérieur, une ou deux prises d'eau, branchées sur une conduite sous pression et pourvues d'une lance à jet permettant d'atteindre et de noyer les divers points de la surface de la table.

3° S'abstenir de mettre du coton à essorer à l'intérieur du séchoir et, à cet effet, supprimer les étagères destinées à l'essorage.

En vous adressant, ci-joint, le rapport de M. l'inspecteur général relatif à cet accident, je vous prie de m'accuser réception de la présente lettre collective.

C. DE FREYCINET.

RAPPORT

sur l'incendie survenu, le 22 juin 1888, au séchoir à coton de la poudrerie nationale du Moulin-Blanc.

Le bâtiment n° 1, dans lequel est installé le séchoir à coton, est un bâtiment à étage, divisé en compartiments qui ont reçu l'affectation indiquée au plan ci-après.

Dans la pièce affectée au séchoir sont installés 16 cylindres verticaux fixés, vers le milieu de leur hauteur, au plancher, et constitués par trois enveloppes concentriques qui forment trois compartiments recevant : le premier, à partir de l'extérieur, l'air à échauffer, le second de la vapeur, et le compartiment cylindrique central le coton à sécher, lequel y est introduit par la partie supérieure et évacué par la partie inférieure dans des étouffoirs placé au-dessous. Ce dispositif, emprunté à la fabrique de Stowmarket, suppose l'emploi de rouleaux de coton cardé, ayant à l'extérieur la dimension intérieure des cylindres; mais la carde, achetée à l'origine de la fabrique, n'ayant pas été installée, on a dû, pour faciliter la circulation de l'air chaud dans la masse du coton, fractionner cette masse par l'interposition de plateaux en bois, percés de trous et réunis par des cordes qui viennent se fixer au-dessus des cylindres.

Le 22 juin, vers $6^h 15^m$ du matin, le coton contenu dans le cylindre n° 6 prit feu et produisit une flamme qui s'élevait à 1^m environ au-dessus de la partie supérieure du cylindre. L'alarme ayant été immédiatement donnée par l'ouvrier qui dessert le berlaudoir dans le compartiment voisin, le

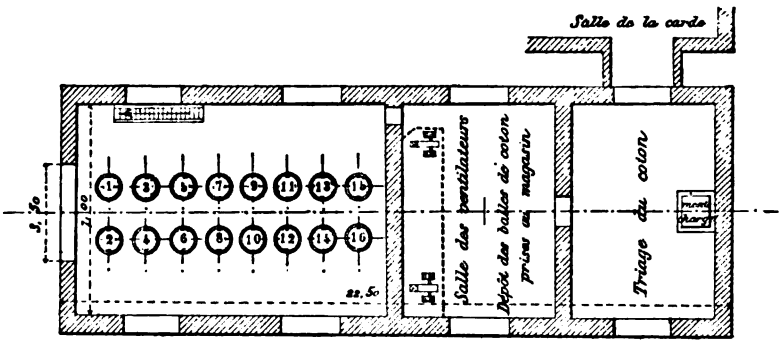
Digitized by Google

plateau qui constitue la fermeture intérieure fut enlevé; les cordes qui soutiennent la garniture intérieure furent cassées et la charge de coton enflammé tomba sur le dallage inférieur en ciment où les ouvriers furent bientôt maîtres du feu en projetant de l'eau et en étendant des toiles mouillées sur le coton en ignition. Le sauvetage avait à peine duré un quart d'heure; c'est grâce à cette rapidité, en même temps qu'à l'absence

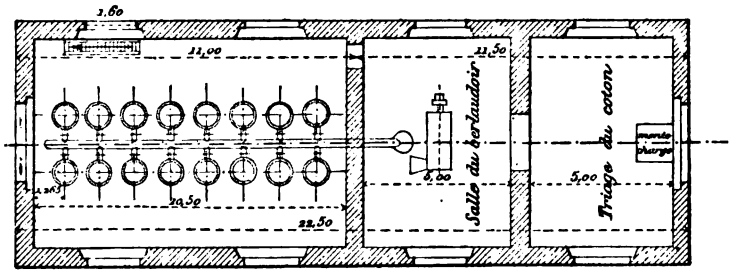
Fig. 1.

SÉCHOIR AU COTON.

Échelle de 0m,004 par mètre.



Plan du rez-de-chaussée.



Plan du 1er étage.

de coton en cours d'essorage sur les étagères, qu'a été évité un sinistre qui aurait compromis la marche de la fabrication du coton-poudre.

Le coton était du super-white provenant de la dernière fourniture d'Adams et Cie, de Manchester; il avait été chargé, à 2h du matin, dans le cylindre n° 6, en même temps que dans les cylindres 2, 4, 8 et 10, après avoir subi un essorage de 6h sur les étagères correspondantes, et les ouvriers préposés au chargement n'avaient rien remarqué de particulier, si

Digitized by Google

ce n'est un suintement de vapeur à l'intérieur du cylindre, ce qui amenait le contact direct du coton avec la vapeur à une température qui ne pouvait dépasser 121° (1), température certainement inférieure, non seulement à celle où la cellulose prend feu, mais même à celle où elle se décompose en se carbonisant lentement.

Comment, dans de telles conditions, l'incendie a-t-il pu se produire? La réponse à cette question est d'autant plus désirable que ce n'est pas la première fois qu'un commencement d'incendie s'est manifesté dans le séchoir et que les ouvriers déclarent, en outre, avoir souvent trouvé des parcelles de coton roussies au contact des cylindres. Les ingénieurs de la poudrerie ont présenté de ce fait une explication assez plausible pour que nous croyions devoir la reproduire.

On lit, disent-ils, dans le *Dictionnaire de chimie* de Wurtz (ART. *Cellulose*) :

« Le chlore et les hypochlorites étendus et à froid ont peu d'action sur la cellulose ; mais, à doses plus fortes et sous l'influence d'une élévation de température, ils déterminent une véritable combustion. »

Or les déchets des cotons employés à la fabrication du coton-poudre et surtout le *super-white* (extra-blanc) d'Adams, lequel est d'une blancheur éclatante et ne contient que 0,70 pour 100 de matières grasses, ont subi, au sortir des filatures, un dégraissage et un blanchiment dans lesquels le chlore et ses composés doivent intervenir. L'analyse a, en effet, donné une proportion moyenne de $0^{gr},02$ de chlore sur 140^{gr}, proportion faible, il est vrai, mais probablement répartie d'une façon inégale dans la masse ; de sorte qu'il n'est pas excessif de supposer possible la présence, en un point donné, d'une quantité relativement beaucoup plus considérable d'hypochlorites. Ce serait donc à l'action de ces derniers, activée par la présence de la vapeur d'eau, que serait dû l'incendie.

Nous adoptons sans difficulté cette hypothèse, et, comme cette cause d'inflammation du coton ne peut être supprimée, il faut se résigner à la subir, en prenant les précautions susceptibles d'empêcher l'incendie, toujours possible, du séchoir de devenir désastreux. Les ingénieurs proposent, dans ce but, les mesures suivantes :

1° Faire disparaître tous les matériaux combustibles employés dans la construction du bâtiment ;

---

(1) Il a été vérifié que la vapeur arrive dans les cylindres à la pression de 2 atmosphères, soit à 121°, mais que la température du coton ne dépasse pas 98° au centre de la masse et 102° au contact des cylindres.

Digitized by Google

2° Établir au-dessus de chaque cylindre une pomme d'arrosoir communiquant avec une conduite d'eau sous pression et alimentée par un robinet spécial à chaque cylindre et placé en un point toujours accessible, même pendant l'incendie du cylindre;

3° Supprimer l'essorage du coton sur les étagères.

Nous admettons ces différentes mesures, sous la seule réserve que la dernière soit compatible avec le développement qu'a pris la production de l'établissement; mais il conviendrait, dans tous les cas, d'appliquer celle-ci dès que l'emploi de la carde aura permis d'amener le coton à l'état en vue duquel le dispositif des cylindres sécheurs a été adopté, et l'installation de la carde nous paraît, en conséquence, devoir être réclamée d'urgence.

L'explication donnée de l'accident nous dispense d'insister sur l'examen de l'hypothèse visant un fait de malveillance que l'on n'a du reste aucune raison de soupçonner. Nous avons toutefois cru devoir provoquer des expériences de laboratoire sur l'inflammation d'allumettes chimiques, qui auraient été introduites dans la masse avant le chargement. Or ces allumettes, placées au milieu d'un tampon de coton, dans une étuve Gay-Lussac chauffée de 85° à 87°, s'y enflamment au bout de 5 à 10 minutes, et, par, suite, il est inadmissible qu'elles aient pu subir, pendant plus de 4 heures, une température de 98° à 102°, dans un cylindre.

Après avoir constaté, en terminant le présent rapport, le sang-froid et le dévouement des ouvriers qui ont, par leur seule initiative et en l'absence de tout chef, arrêté au début un incendie dont les conséquences pouvaient être désastreuses, il nous reste à déclarer, comme conclusion de notre enquête, que ledit incendie doit être considéré comme un fait de fabrication absolument fortuit, et qu'il y a lieu de dégager le personnel de la poudrerie de toute responsabilité dans ce fait.

Paris, le 4 août 1888.

L'inspecteur général des poudres et salpêtres,
G. MAUROUARD.

Digitized by Google

N° 111.

POUDRES DESTINÉES A L'EXPORTATION EN EMBALLAGES SPÉCIAUX.

(Lettre collective n° 22.)

Paris, le 4 octobre 1888.

Messieurs, la notice indiquant les conditions auxquelles sont livrées les poudres à feu destinées à l'exportation fait connaître, dans son titre II, les conditions d'emballage des diverses poudres et dispose, en outre, que ces conditions peuvent être modifiées, à charge de paiement, sur la demande des exportateurs, et que ceux-ci peuvent même être admis à fournir les emballages spéciaux qui leur conviendraient.

Il importe de développer, autant que possible, l'usage de la faculté donnée aux exportateurs par cette dernière disposition; il peut arriver, en effet, que les emballages demandés n'existent pas ou ne soient pas disponibles dans les établissements, et que les directeurs soient obligés, pour satisfaire à des demandes exceptionnelles, de faire soit des achats au commerce, soit des emprunts à d'autres services : c'est ainsi que, pour l'emballage des poudres de guerre destinées à l'exportation, le service des poudres et salpêtres a dû, tantôt acheter d'urgence des sacs en caoutchouc, tantôt prendre des caisses sur les approvisionnements réservés à l'artillerie ou à la marine. On évitera les inconvénients qu'entraînent ces achats d'urgence ou ces emprunts, en faisant fournir par les exportateurs les emballages spéciaux qu'ils désirent employer.

Toutes les fois donc que MM. les directeurs des poudreries recevront une demande comprenant des emballages différents de ceux qui sont indiqués par la notice et qui sont : barils et sacs en toile pour les poudres de mine, de guerre et de chasse à l'état nu; caisses ordinaires, dites de 25^{kg} et de 9^{kg}, pour les poudres de chasse, noires ou pyroxylées, emboîtées, ils auront à inviter l'auteur de la demande à fournir lui-même les enveloppes spéciales, et ils lui en faciliteront, autant que possible, l'achat direct en lui faisant connaître les prix des enveloppes similaires achetées par

Digitized by Google

le service et en le mettant en rapport avec le fournisseur de l'établissement.

Les enveloppes livrées par l'acheteur, ne devant pas donner lieu à paiement à l'administration des contributions indirectes, ne seront pas portées sur les factures d'expédition aux entrepôts; mais la colonne d'observations de ces pièces indiquera que les emballages non facturés ont été fournis par l'exportateur.

C. DE FREYCINET.

N° 112.

EXPLOSION SURVENUE LE 2 JUIN 1888 A L'USINE A MEULES N° 12 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-CHAMAS.

(Lettre collective n° 24.)

Paris, le 18 octobre 1888.

Messieurs, une explosion s'est produite le 2 juin dernier à la poudrerie nationale de Saint-Chamas, dans l'usine à meules n° 12, au moment où cette usine venait d'être mise en train sur une charge de 25^{kg} de poudre de mine, constituée par un mélange de binaire salpêtre et de binaire soufre, humecté de 8 pour 100 d'eau après tamisage.

Cette explosion n'a occasionné que des dégâts insignifiants, qui ont porté sur la devanture de l'usine; la matière, répandue sur la piste, n'a que partiellement brûlé et les mécanismes sont restés intacts.

Je vous adresse ci-joint le rapport de M. l'inspecteur général sur cet accident.

Ce rapport fait connaître que cette explosion ne peut être attribuée ni à une inflammation spontanée des binaires, ni à un défaut de répartition de la matière sur la piste, non plus qu'à un dérangement quelconque des mécanismes, mais vraisemblablement à la présence accidentelle sur les meules d'un corps étranger, dont le frottement aura déterminé l'inflammation des binaires.

Bien que l'enquête n'ait pas permis de déterminer d'une manière certaine la cause de l'accident, les circonstances dans les-

Digitized by Google

quelles il s'est produit, jointes à l'hypothèse de M. l'inspecteur général, me conduisent à recommander de nouveau aux ingénieurs de veiller à l'exécution régulière du tamisage et de rappeler aux conducteurs des meules qu'ils doivent, autant que possible, s'assurer, avant la mise en train, que la matière ne contient aucun corps étranger.

C. DE FREYCINET.

RAPPORT

sur l'explosion de l'usine à meules n° 12, survenue le 2 juin 1888, à la poudrerie nationale de Saint-Chamas.

L'usine à meules n° 12 a fait explosion, le 2 juin, à $2^h 30^m$ du matin. Cette usine et sa voisine, les premières de la ligne inférieure, sont ordinairement affectées aux courtes triturations, à cause de la proximité de la composition et du dépôt 32. Au moment de l'explosion, elles venaient l'une et l'autre d'être chargées de 25^{kg} de poudre de mine, constitués par un mélange de binaire-salpêtre et de binaire-soufre, arrosé à 8 pour 100. Le charbon provenait d'une cuite faite le 8 mai, et les binaires avaient été triturés le 30; ces derniers avaient été tamisés, le binaire-salpêtre à la perce de 1^{mm} et le binaire-soufre à la perce de $0^{mm},65$. D'après la déposition du conducteur du groupe, les meules devaient, au moment de l'accident, avoir fait à peine un tour complet à la vitesse de 8 à 9 tours. Cet ouvrier, après avoir donné l'eau, revenait vers le devant du groupe pour régler la vitesse, et il se trouvait au milieu du mur de fond de l'usine 13, quand il a vu, par-dessus l'auvent des roues, une grande flamme s'élever au-dessus de la toiture de l'usine 13, à plus de 6^m.

C'est aussi la vue de cette flamme, qui seule a attiré l'attention des ouvriers voisins, attendu qu'il n'y a, pour ainsi dire, pas eu de détonation.

Les dégâts sont de peu d'importance : un seul des châssis, qui constituent la devanture, a été désassemblé et 12 carreaux seulement, sur 58, ont été brisés; la serge de la couverture a été arrachée et, en partie, rejetée sur le mur latéral extérieur; le voligeage, réglementairement espacé, a été légèrement et partiellement soulevé et carbonisé; les pannes et les chevrons sont restés en place.

Les mécanismes et leurs accessoires n'ont pas souffert et les meules continuent à tourner librement sur l'essieu, à 3^{mm} environ de la piste.

Le mouvement a dû, à la suite de l'explosion, persister pendant quelques instants sur un mélange d'environ 5^{kg} de charbon, graisse et plâtras.

Digitized by Google

La recherche de la cause de l'accident a été tout particulièrement délicate : cette cause paraît, en effet, ne pouvoir être attribuée ni à une inflammation des binaires, qui étaient préparées depuis près de deux jours, avec du charbon d'ancienne fabrication, ni à un défaut de répartition de la matière sur la piste, qui n'était pas touchée par les meules suspendues, ni enfin à un dérangement quelconque du mécanisme resté en parfait état ; de sorte que l'on se trouve acculé à l'hypothèse de la présence, dans la matière, d'un corps étranger, susceptible de produire l'inflammation des binaires, et bientôt après, en raison du soin apporté au tamisage de ces derniers, à celle d'un acte de malveillance, bien difficile à admettre de la part du personnel d'une poudrerie nationale. Cette dernière hypothèse se trouvait pourtant indiquée par le fait de la découverte, dans la tine qui avait contenu la charge et qui avait été laissée près de la devanture, de quelques fragments de verre (1), dont la surface présente la trace d'un commencement de fusion, non susceptible d'être attribué à l'action de la chaleur produite par la combustion du résidu de la charge sur les débris du vitrage tombés dans cette tine au moment de l'explosion (2). Si ces fragments de verre ne provenaient pas de la devanture, comment se trouvaient-ils au fond de la tine ? N'auraient-ils pas fait partie d'une certaine quantité de fragments semblables, qui, mêlés à la matière et versés avec elle sur la piste, auraient déterminé l'explosion? Enfin, la production immédiate de l'étincelle avec du verre ou du silex étant bien peu probable, ne se serait-il pas trouvé une allumette dans la poudre?

Des recherches minutieuses, faites en vue de découvrir la nature du corps étranger qui a dû déterminer l'explosion, sont malheureusement restées infructueuses ; on n'a pu retrouver, soit à l'intérieur soit à l'extérieur de l'usine, aucun fragment de verre semblable à ceux qui étaient dans la tine, et l'origine de ces derniers est restée inconnue ; la vérification des tamis a permis de constater qu'ils étaient en bon état, et un nouveau tamisage des charges préparées en même temps que celle qui a fait explosion n'a rien laissé sur la toile. Nous avons donc dû, en présence de ces résultats négatifs, nous borner à recommander aux ingénieurs de redoubler de vigilance et de veiller à ce que les conducteurs des meules ne mettent pas celles-ci en mouvement avant de s'être assurés, par la vue et le toucher, qu'il ne se trouve pas de corps étrangers dans la poudre.

Dans ces conditions, l'explosion du 2 juin, heureusement sans gravité, ne

(1) Ces fragments sont joints au présent rapport.

(2) M. l'ingénieur Vieille a vainement essayé, sur notre demande, de reproduire, par l'exposition du verre à vitre à la combustion de la poudre noire, ce dépoli qui rappelle celui acquis par le verre à la suite d'un long enfouissement dans le sol.

Digitized by Google

peut être officiellement attribuée qu'à quelque circonstance fortuite, restée ignorée, ainsi qu'il arrive trop souvent, et nous avons l'honneur de proposer à M. le Ministre de bien vouloir décider que cette explosion n'est pas susceptible de recevoir un complément d'instruction, et relever le personnel de la poudrerie de toute responsabilité, du fait de ladite explosion.

Paris, le 2 août 1888.

L'inspecteur général des poudres et salpêtres,
G. MAUROUARD.

N° 113.

ARRÊTÉ DU 21 JANVIER 1889 FIXANT LES PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION.

LE MINISTRE DES FINANCES,

Vu le décret du 21 mai 1886 relatif à l'exportation des poudres à feu;
Vu l'arrêté du 26 mai 1886;
Vu la lettre du ministre de la guerre en date du 21 décembre 1888;
Vu la lettre du directeur général des contributions indirectes en date du 28 décembre 1888;
Vu les traités des 20 novembre 1815 et 24 mars 1860 qui ont placé le pays de Gex et la partie neutralisée du département de la Haute-Savoie en dehors de la ligne des douanes,

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER. — Les prix des poudres à feu destinées à l'exportation sont fixés ainsi qu'il suit :

Digitized by Google

ESPÈCES DE POUDRES.	PRIX par kilogramme.	OBSERVATIONS.
	fr	
Poudre de commerce extérieur..... ordinaire..	0,625	Y compris l'emballage pour les barillages supérieurs à 9 kilogrammes.
Poudre de commerce extérieur..... forte.....	0,66	
Poudre de mine ronde ou anguleuse ..... ordinaire..	0,80	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée en grains ou à l'état de cartouches comprimées.
Poudre de mine ronde ou anguleuse ..... forte.....	0,85	
Poudre de mine fin grain..... ordinaire..	1,20	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée en grains ou à l'état de mèches de sûreté.
Poudre de mine fin grain..... forte.....	1,25	
Poudre de guerre (ancienne fabrication (1).....	1,25	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée à l'état nu ou à l'état de cartouches ou de pièces d'artifices.
Poudre de guerre (nouveaux types), à canon noire.....	1,75	Non compris l'emballage. Destinée à être exportée à l'état nu ou à l'état de munitions confectionnées.
Poudre de guerre (nouveaux types), à canon brune	2,00	
Poudre de guerre (nouveaux types), à fusil.....	2,00	
Poudres de chasse, livrées en boîtes, nouveau modèle. forte (superfine).....	2,50	Non compris l'encaissage. Destinées à être exportées en boîtes ou à l'état de cartouches.
Poudres de chasse, livrées en boîtes, nouveau modèle. spéciale (ou extrafine).....	2,75	
Poudres de chasse, livrées en boîtes, ancien modèle. ordinaire (fine)	2,00	
Poudres de chasse, livrées en boîtes, ancien modèle. forte (superf.).	2,25	
Poudres de chasse, livrées en boîtes, ancien modèle. spéciale (ou extrafine).....	2,50	
Poudres de chasse, livrées à nu dans des barils. ordinaire (fine)	1,40	Non compris l'emballage. Destinées à être exportées à l'état nu.
Poudres de chasse, livrées à nu dans des barils. forte (superf.).	1,65	
Poudres de chasse, livrées à nu dans des barils. spéciale (ou extrafine).....	1,90	
Poudres pyroxylées, livrées en boîtes	15,00	Non compris l'encaissage. Destinées à être exportées en boîtes ou à l'état de cartouches.

(1) Cette désignation s'applique aux anciens types dits *à canon et à mousquet.*

ART. 2. — Les types de poudre de guerre dont l'exportation est autorisée sont les suivants :

Digitized by Google

Anciens types : Poudres de guerre dites *à canon et à mousquet ;*
Nouveaux types :
Poudres à canon : 1° noires : C_1, C_2, SP_1, SP_2, A 26/34, A 30/40, prismatiques, RS; 2° brunes : prismatiques.
Poudres à fusil : F_1, F_3.

ART. 3. — L'exportation du coton azotique est également autorisée.

Le coton azotique sera vendu au prix provisoire de 5fr, 25 le kilogramme, non compris la valeur des enveloppes, et sous la réserve que les acheteurs prendront l'engagement de verser le supplément du prix dans le cas où la loi soumise actuellement au parlement établirait un tarif supérieur à 5fr, 25.

ART. 4. — Les prix d'exportation fixés pour les poudres de mine, de guerre et de chasse et pour le coton azotique sont applicables aux explosifs de même espèce vendus par la régie dans le pays de Gex et dans la zone neutralisée de la Haute-Savoie.

ART. 5. — (Cet article reproduit l'art. 4 de l'arrêté du 25 janvier 1888, p. *54.)

ART. 6. — Le présent arrêté sera déposé au bureau du contreseing pour être notifié à qui de droit. Il sera publié au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Paris, le 7 janvier 1889.

P. PEYTRAL.

N° 114.

INCENDIE SURVENU LE 23 AOUT 1888, DANS LE SÉCHOIR A COTON DE LA POUDRERIE D'ANGOULÊME.

(Lettre collective n° 1.)

Paris, le 11 février 1889.

Messieurs, un commencement d'incendie s'est produit, le 23 août 1888, dans le séchoir à coton de la poudrerie nationale d'Angou-

Digitized by Google

lême ; ce séchoir, qui est disposé comme les séchoirs ordinaires à ventilation pour poudres noires, sauf cette différence que la table est horizontale au lieu d'être inclinée, contenait une charge formée de 450^{kg} de coton ordinaire, qui occupait la majeure partie de la surface de la table, et de 10^{kg} d'ouate destinée à des essais de trempage, qui était placée dans un angle de la table. L'ouate s'est enflammée la première et a communiqué le feu à la masse du coton ; grâce à la promptitude des secours, l'incendie ne s'est pas développé et n'a pas atteint le bâtiment même ; les dégâts ont été sans importance.

Je vous adresse, ci-joint, le rapport de M. l'inspecteur général sur cet accident.

Ce rapport fait connaître que, d'après les faits constatés dans l'enquête et suivant les résultats des expériences entreprises à la poudrerie d'Angoulême pour déterminer les causes de l'incendie, l'inflammation doit être attribuée à la présence d'une petite quantité de coton souillé d'huile dans la partie de la charge où le feu s'est déclaré : on a reconnu, en effet, en opérant sur les matières mêmes, huile et coton ou ouate, employées à la poudrerie d'Angoulême, que le chauffage à 85° environ dans l'étuve Gay-Lussac d'échantillons de 1500^{gr} de coton ou ouate dans lesquels on avait introduit quelques petites boules d'ouate imbibées de 15 à 20^{gr} d'huile déterminait l'inflammation de la masse au bout de 6 heures. Comme l'ouate mise au séchoir avait été ramassée au berlaudoir, la présence, dans cette matière, de quelques gouttes d'huile provenant, soit des burettes de graissage, soit des transmissions, n'a rien que de très vraisemblable. L'explication donnée est donc plausible et rend compte de l'accident survenu au séchoir d'Angoulême.

Toutefois, il ne faut pas conclure de là que le chauffage à 85° de coton imbibé d'huile dans la proportion adoptée dans les essais d'Angoulême soit, dans tous les cas, dangereux. Des expériences subséquentes ont fait reconnaître que la facilité d'inflammation dépend de la nature de l'huile employée, et que lorsqu'on prend, pour imbiber les boules de coton, au lieu de l'huile adoptée à Angoulême, qui contenait une forte proportion d'huile d'arachides, d'autres matières grasses et, en particulier, les huiles minérales telles que l'oléonaphte, les valvolines, etc., le coton qui les con-

Digitized by Google

tient résiste, pendant 18 heures et au delà, au chauffage à 100°.

On préviendra donc les accidents analogues à celui du 23 août 1888 en se servant exclusivement d'huiles ou graisses convenablement choisies. Dans ce but, les directeurs des établissements chargés de la fabrication du coton-poudre ne devront faire employer, dans les ateliers de préparation du coton, que des huiles ou graisses satisfaisant à l'épreuve ci-après décrite :

On forme, avec 15^{gr} de l'huile en essai et 40 et 50^{gr} de coton ou d'ouate, une boule que l'on place au centre d'une masse de coton de 1200^{gr} environ, et on porte le tout dans l'étuve Gay-Lussac chauffée à une température de 90 à 100°. La masse doit résister, sans altération, à un chauffage d'une durée de 18 heures.

Tout en s'attachant, par l'exécution de la mesure ci-dessus prescrite, à faire disparaître les causes d'inflammation dues aux matières grasses, les directeurs devront se conformer aux dispositions de ma lettre collective n° 21, du 30 septembre 1888, relatives à l'installation de prises d'eau et au mode de construction des séchoirs.

La prescription concernant l'emploi exclusif de matériaux incombustibles dans la construction s'étend, non seulement aux charpentes et couvertures, mais aussi aux menuiseries intérieures et aux appareils établis dans le bâtiment.

Par suite, dans tous les séchoirs à coton, on substituera aux portes et panneaux d'œillards en bois des doubles portes et des doubles panneaux en tôle ; dans les séchoirs à ventilation, on rendra incombustibles les bois qui forment les caisses de séchage existantes et on remplacera les cadres et lames en bois, qui supportent la table de séchage, par un réseau en gros fils métalliques, et le canevas formant la table, par une toile métallique.

Je recommande aux directeurs la prompte exécution des mesures énoncées dans la présente lettre collective, dont il me sera accusé réception.

C. DE FREYCINET.

Digitized by Google

RAPPORT

sur l'incendie survenu le 23 août 1888, au séchoir à coton de la poudrerie nationale d'Angoulême.

Le 23 août 1888, à $1^h 30^m$ du soir, un incendie s'est déclaré dans le séchoir à coton de la poudrerie nationale d'Angoulême, chargé de 450^{kg} de coton ordinaire en floches et de 10^{kg} d'ouate.

Description des locaux et appareils. — Le bâtiment *d*, dans lequel ce séchoir est installé, est une ancienne dépendance de l'atelier de carbonisation; c'est un simple rez-de-chaussée avec murs et parpaings de pierre de taille et couverture en tuiles. Agrandi et aménagé en 1886, en vue de son utilisation pour la fabrication du coton-poudre, il a reçu, pour cette nouvelle destination, les diverses affectations indiquées au plan ci-après.

La partie de ce bâtiment affectée au séchage du coton forme une salle plafonnée, de $11^m,50$ de long sur $6^m,50$ de large. Deux portes y donnent accès de l'extérieur : l'une, ouvrant du côté ouest, sert à l'arrivée du coton; l'autre, située sur la façade opposée, est utilisée pour la sortie des étouffoirs de coton sec. Une autre baie fait communiquer cette salle avec l'atelier de berlaudage voisin; elle est fermée par une double porte qui n'est ouverte que très rarement.

La caisse de séchage, de forme rectangulaire (8^m sur 2^m), a été établie sur le modèle des séchoirs ordinaires à poudre noire, sauf que sa partie supérieure, au lieu d'être inclinée, est horizontale. Elle repose sur des murettes en briques de $0^m,50$ de hauteur (1), au-dessus desquelles est établie une charpente en chêne de $0^m,20$ d'épaisseur, portant, sur chaque face, des revêtements en planches de sapin de 27^{mm}, assemblées à rainures et languettes. Le fond est formé par une aire en ciment; les murettes sont enduites en plâtre, et le revêtement intérieur, en planches, est protégé par des feuilles de zinc (2), clouées depuis les briques jusqu'à la lisse supérieure.

A $0^m,25$ au-dessous de la lisse, sur les planches et par-dessus le zinc, sont fixés des liteaux en bois qui reçoivent les extrémités de tringles minces en bois, posées de champ, parallèlement aux petits côtés de la caisse, à des intervalles de $0^m,15$, et destinées à supporter elles-mêmes la toile-canevas, dont les extrémités sont prises sous les liteaux (3).

---

(1) Cette modification au dispositif ancien, dans lequel la charpente descend jusqu'au fond de la caisse, n'est pas heureuse.

(2) Le ciment eût été préférable au plâtre et le plomb au zinc.

(3) On ne s'explique pas que l'on soit revenu à cet ancien dispositif, depuis

Digitized by Google

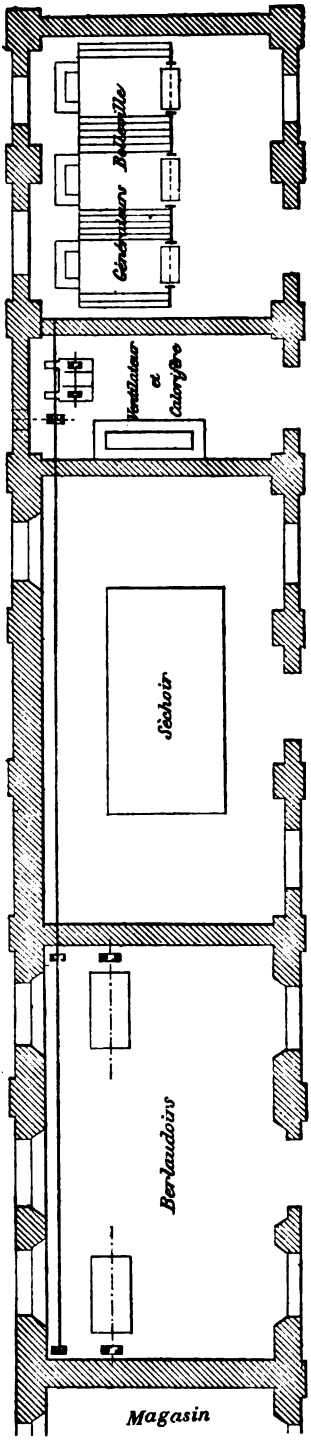


Fig. 1.

Digitized by Google

Le courant d'air est produit par un ventilateur Ser, de $0^{m},50$ de diamètre, pouvant débiter, à la vitesse de 950 tours, 7000^{mc} d'air à la minute. Ce ventilateur et le calorifère, du système Geneste et Herscher, avec tuyaux à ailettes, sont placés dans une salle voisine, sans communication avec celle du séchage. L'air chaud arrive sous le plancher, dans une conduite en maçonnerie, et entre sous la table par quatre ouvertures latérales. La surface de chauffe du calorifère est de 120^{mq}.

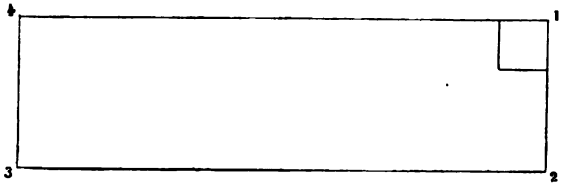
La vapeur est fournie par les chaudières Belleville voisines; un détendeur en ramène la pression à 2^{kg}.

Dans ces conditions, la différence de température de l'air, à l'entrée et à la sortie du calorifère, est d'environ 60°. En été, la température du coton sur la table atteint donc facilement 80° à 85°. Une durée de 2 heures $\frac{1}{2}$ à 3 heures est suffisante pour ramener entre 0,5 et 1 pour 100 l'humidité des 450^{kg} de coton déposés sur la table sur une épaisseur de $0^{m},50$, dépassant de $0^{m},30$ la saillie du rebord de la caisse.

Circonstances de l'accident. — Le 23 août, le séchoir avait été chargé vers $11^{h}30^{m}$ du matin, après enlèvement de la charge précédente, qui avait été mise dans 18 étouffoirs qui étaient ensuite restés dans la salle du séchage.

En outre de la charge habituelle de coton trié, le chef-poudrier avait,

Fig. 2.



en vue d'un essai de trempage qui lui avait été prescrit, fait placer dans l'angle 1 de la table, qui se trouve le plus voisin de l'arrivée de l'air chaud et où elle occupait une surface d'environ un demi-mètre carré, environ 10^{kg} d'ouate provenant de l'atelier de berlaudage, dans lequel elle avait été recueillie, avec toutes les précautions possibles, sur les différents objets où elle se dépose après avoir voltigé dans l'air.

Vers $1^{h}30^{m}$, l'ouvrier chargé de la surveillance du séchoir, en même temps que du transport des étouffoirs, à la salle de refroidissement, avait

---

longtemps avantageusement remplacé ailleurs par un réseau de gros fils métalliques, dont la tension est maintenue par des tringles susceptibles d'être attirées vers la paroi par une action exercée au moyen d'écrous extérieurs.

Digitized by Google

déjà enlevé 13 de ces étouffoirs et revenait chercher les 5 derniers, quand, en ouvrant la porte, il aperçut de la fumée dans l'angle de la table où se trouvait l'ouate. Il se précipita pour enlever le coton qui fumait ainsi, mais il avait à peine fait un ou deux pas que la flamme surgit de cette ouate et se répandit presque instantanément sur toute la surface de la table. Il donna immédiatement l'alarme et l'on courut chercher une pompe voisine, pendant que le chef ouvrier faisait arrêter le ventilateur et projeter de l'eau avec des seaux sur le coton; mais la combustion s'était si rapidement propagée, qu'avant que la pompe fût mise en batterie, la grille en bois de la table était tombée au fond de la caisse, dans laquelle la masse continuait à brûler.

Au bout d'un quart d'heure, le feu était éteint, et le coton avait été sorti de la salle, mouillé et en partie carbonisé.

Dégâts produits. — Les dégâts produits par ce commencement d'incendie sont de peu d'importance. Le canevas et la grille en bois qui le soutenait sont complètement brûlés. A l'angle où se trouvait l'ouate, la face latérale de la lisse en chêne est en partie carbonisée; partout ailleurs elle est intacte, ainsi que toute la partie supérieure. Le zinc qui formait revêtement de la caisse, sur tout le pourtour, au-dessus de la grille en bois, est fondu presque partout, sauf vers l'angle opposé à la ouate, côté où la combustion semble avoir été moins intense. La paroi intérieure des planches a été légèrement carbonisée, à la surface, par la fusion du zinc. La paroi extérieure et le plancher sont légèrement carbonisés vers l'angle de la table où se trouvait l'ouate, dont quelques parties en combustion ont dû tomber à l'extérieur.

La chaleur développée à l'intérieur de la salle a été suffisante pour faire fendiller toutes les vitres et tomber les enduits en plâtre, mais ni les peintures des portes et des fenêtres, ni le plafond n'ont été atteints.

La porte de communication entre la salle du séchoir et celle des berlaudoirs avait d'ailleurs été arrosée dès le début du fonctionnement de la pompe, afin d'éviter la communication du feu aux masses considérables de coton qui se trouvaient dans les pièces voisines.

Évaluation des pertes. — L'incendie, ainsi arrêté à son début, n'a donné lieu qu'à des pertes matérielles insignifiantes, évaluées à la somme totale de 881^{fr},20, dont 500^{fr} applicables à la réparation du bâtiment et de la caisse de séchage et 381^{fr},20 à la perte en coton, déduction faite de la valeur de la partie restée utilisable pour un autre emploi.

Cause probable de l'accident. — Pour la recherche de la cause de l'inflammation actuelle, il convient de rapprocher cet accident de l'accident semblable qui, survenu le 22 juin 1888 à la poudrerie nationale du Moulin-

Digitized by Google

Blanc, a été signalé aux établissements du service par la lettre collective n° 21 du 30 septembre 1888.

Dans un cas comme dans l'autre, l'inflammation du coton en cours de séchage a été manifestement spontanée (1). Celle du 22 juin 1888 s'étant produite sur du coton parfaitement blanc provenant d'une fourniture récente, dans laquelle des conditions de qualité plus rigoureuses avaient été imposées, avait pu être attribuée à l'action de la vapeur d'eau sur les hypochlorites qui auraient été employés à sa purification; mais il n'en est pas de même pour l'inflammation du 23 août 1888, laquelle a eu lieu, en l'absence de vapeur, sur du coton défectueux restant d'une ancienne fourniture Pitel, pour laquelle le même traitement chimique n'avait pas dû être employé.

L'ouate qui s'est enflammée à Angoulême a donc pris feu, elle-même, soit sous la seule influence de la température du séchoir, soit par suite de la présence, en un point de la masse, de quelque matière étrangère, et il était naturel de supposer que cette matière pouvait être de l'huile, attendu que l'ouate avait été recueillie en différents points de l'atelier du berlaudoir, où de l'huile avait pu tomber, soit de la transmission de mouvement, soit de la burette servant au graissage du berlaudoir. On est d'ailleurs, depuis longtemps, édifié sur la prise de feu des déchets gras posés sur un cylindre de machine à vapeur, ou même simplement abandonnés à l'influence de l'air, et les ingénieurs des poudres ont tous, en outre, présentes à l'esprit les recommandations qui leur ont été faites contre les incendies de la serge préparée à l'huile de lin, pour les couvertures d'usines.

Il a donc paru intéressant de savoir comment se comportait, à une température de 80° à 90°, de l'ouate imbibée de graisse, soit uniformément à un faible degré, soit en seul point, mais à haute dose, et il a été entrepris, dans ce but, quelques expériences de laboratoire qui ont porté, non seulement sur de l'ouate recueillie au berlaudage dans les mêmes conditions que celle qui a pris feu le 23 août, mais encore sur du coton Pitel, dans les conditions ordinaires de son emploi. Le chauffage de divers échantillons de 1500^{gr} dans une étuve Gay-Lussac, à la température ci-dessus indiquée, de 80° à 90°, a donné les résultats suivants :

---

(1) Les dispositions des appareils de ventilation et de séchage, sauf la précaution qui a été omise d'éloigner le plus possible le calorifère du ventilateur, sont précisément celles qui ont été adoptées en vue d'éviter, dans les séchoirs à poudre, les explosions pouvant provenir d'étincelles produites par un choc des ailettes des ventilateurs; on a d'ailleurs constaté, après l'accident actuel, l'absence de toute trace de combustion à l'intérieur de la conduite d'air chaud et du calorifère, ainsi que le parfait état de fonctionnement du ventilateur.

Digitized by Google

L'ouate, sans mélange artificiel des matières grasses ou même additionnée de 5 pour 100 d'huile uniformément répartie dans l'échantillon, a résisté à 12 heures de chauffage; mais le même échantillon, en deux points duquel on avait introduit une petite boule d'ouate imbibée de 15gr à 20gr d'huile, a pris feu au bout de 6 heures. Les mêmes faits se sont reproduits avec le coton ordinaire.

D'où il semble résulter qu'aux températures journellement atteintes dans l'opération du séchage du coton, la présence fortuite d'une assez faible quantité de matière grasse, concentrée en un point de la masse, peut donner lieu à une inflammation spontanée, ce qui conduit à considérer comme vraisemblable l'hypothèse, qui a été donnée par les ingénieurs de la poudrerie, pour expliquer l'incendie du 23 août.

Conséquences à tirer.— Cet accident, qui est venu, à deux mois d'intervalle de l'accident semblable du Moulin-Blanc, justifier les prescriptions formulées dans la lettre collective n° 21, du 30 septembre 1888, me semble devoir motiver la confirmation de ces prescriptions, d'autant plus sages qu'il paraît plus impossible d'échapper au danger d'inflammation spontanée du coton dans l'opération du séchage.

Ces prescriptions pourraient seulement être complétées par les suivantes :

1° Interdire absolument le séchage, même accidentel, du coton dans les séchoirs employés au séchage de la poudre, dont le poussier pourrait déterminer une explosion;

2° S'il y a lieu d'établir, pour le séchage du coton, de nouveaux séchoirs à table, n'employer à cette construction que des matériaux incombustibles et, dans les séchoirs existants, rendre incombustibles les bois apparents de la caisse et remplacer, pour la table, les anciennes lames de bois par le réseau en gros fils métalliques et le canevas combustible par une toile métallique;

3° Supprimer, autant que possible, toute communication directe du séchoir avec les pièces contiguës, et, si cette condition n'est pas réalisable, remplacer les portes en bois par de doubles portes en fer et les panneaux en bois des œillards par de doubles panneaux en tôle;

4° Prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter les projections d'huile sur le coton, dans les ateliers de berlaudage et de cardage;

5° Enfin, exercer sur les séchoirs une surveillance attentive, et ne pas laisser la température de la masse du coton dépasser 75° pour le coton ordinaire et 50° pour l'ouate.

Responsabilités. — De même qu'au Moulin-Blanc, nous nous trouvons ici en présence d'un incendie qui a pour origine une combustion spontanée

Digitized by Google

et que des mesures de précaution, soigneusement préparées, ont permis d'arrêter à son début. Nous avons ainsi la satisfaction de déclarer, comme conclusion de l'enquête, que l'accident est un fait de fabrication absolument fortuit, dont la responsabilité ne saurait, en aucune façon, être imputée au personnel, lequel ne mérite au contraire que des éloges.

Paris, le 29 novembre 1888.

L'inspecteur général des poudres et salpêtres,
G. MAUROUARD.

N° 115.

INCENDIE AVEC EXPLOSIONS, SURVENU LE 21 SEPTEMBRE 1888, DANS LES ATELIERS A MÉLINITE DE LA POUDRERIE NATIONALE D'ESQUERDES.

(Lettre collective n° 5.)

Paris, le 27 avril 1889.

Messieurs, un incendie s'est déclaré, le 21 septembre dernier, dans le bâtiment affecté à la fabrication de la mélinite à la poudrerie d'Esquerdes. Cet incendie a pris naissance au centre de l'atelier *i*, a acquis rapidement un développement considérable et a déterminé plusieurs explosions successives, dont la dernière, d'une violence extrême, a détruit près de 1100^{kg} de matières lavées et prêtes à essorer. Cette explosion a renversé les constructions voisines, et les débris enflammés qu'elle a projetés ont mis le feu à un séchoir dans lequel plus de 3000^{kg} d'explosifs ont brûlé sans détoner.

Les pertes matérielles ont été très considérables : de grandes quantités d'explosifs en cours de fabrication et de matières premières ont été détruites par l'explosion ou par le feu ; la plupart des bâtiments de la poudrerie et les habitations du voisinage ont éprouvé des dommages dont l'importance varie suivant la distance au centre de l'explosion. Mais, grâce aux sages précautions qui ont été prises pendant le sinistre, il ne s'est pas produit de graves accidents de personnes : un ingénieur, des employés et des ou-

Digitized by Google

vriers de l'établissement ont été atteints par les débris projetés, mais les blessures ou contusions reçues n'ont eu aucune suite funeste.

Il ressort du rapport établi par M. l'inspecteur général que l'incendie a eu pour cause première la décomposition et l'inflammation, par l'action des vapeurs nitreuses, du bois de la conduite servant à diriger, dans la cheminée d'appel, les produits gazeux de la réaction qui n'étaient pas condensés ou absorbés dans le parcours de la grande batterie de bonbonnes disposée pour les recueillir : le feu, qui s'est ainsi déclaré par l'effet d'une réaction chimique sur le bois, s'est propagé, par le bois de la charpente et des planchers du bâtiment, avec une rapidité telle qu'il n'a pas été possible de le combattre, et que le personnel de la poudrerie, malgré ses efforts dévoués, n'a réussi ni à l'arrêter, ni à opérer le sauvetage du matériel et l'enlèvement des matières explosives.

La cause de l'accident même et de la gravité des dégâts qu'il a déterminés se trouve dans l'installation première de la fabrication d'Esquerdes, qui, en raison des besoins et dans le but de restreindre les dépenses de premier établissement, avait été faite tout entière dans un bâtiment très ancien, formant autrefois l'usine Verschave, dont le mode de construction ne répondait point à sa destination nouvelle. C'est à l'état défectueux de ce bâtiment et à la réunion, dans une de ses parties, de grandes quantités de matières explosives, entreposées dans des barils ou autres récipients semblables, que doit être attribué le désastre qui a frappé la poudrerie d'Esquerdes.

L'examen des faits, qui ont été constatés dans l'enquête sur l'accident du 21 septembre, conduit aux conclusions suivantes :

Les ateliers de préparation des mélinites et explosifs similaires, étant exposés aux dangers d'incendie et d'explosion, doivent être incombustibles, peu résistants et pourvus des dispositifs nécessaires pour combattre efficacement tout commencement d'inflammation qui viendrait à se déclarer.

Les diverses opérations de la fabrication, réaction, lavage, séchage, etc., doivent se faire dans des bâtiments séparés et isolés les uns des autres.

L'accumulation, dans un même local, de matières en cours de travail doit être évitée.

Digitized by Google

Il importe de mettre au plutôt les ateliers à mélinite dans les conditions de sécurité ci-dessus indiquées. Déjà des dispositions ont été prises pour obtenir la division du travail, répartir les opérations dans un nombre suffisant de bâtiments isolés les uns des autres, et établir des distributions d'eau sous pression ainsi que des bouches d'incendie desservant les divers locaux.

Les directeurs des établissements de fabrication devront, en outre, dans les constructions existantes, faire recouvrir les charpentes et menuiseries d'un enduit ou peinture qui les rende incombustibles, substituer aux bois et planches formant les hottes et cloisons intérieures, au fur et à mesure des réparations qu'elles nécessiteront, des matériaux légers et incombustibles, tels que briques, plâtre ou carreaux, employer exclusivement les poteries pour former les conduits de dégagement des vapeurs acides, et protéger par un revêtement en feuilles de plomb les parties des planchers sur lesquelles les acides pourraient couler pendant les manutentions. Quant aux bâtiments nouveaux qu'il y aurait lieu de faire, on adoptera le mode de construction à ossature métallique avec remplissage en briques ou carreaux, qui a été précédemment appliqué aux dépôts à poudre.

Enfin, mon attention a été appelée sur les nombreux actes de courage et de dévouement accomplis, dans la nuit du 21 septembre, par le personnel de la poudrerie d'Esquerdes, à tous les degrés de la hiérarchie, ainsi que sur le concours donné à ce personnel, dans sa lutte contre l'incendie, par les brigades de gendarmerie et les compagnies de pompiers des localités voisines : j'ai adressé des félicitations spéciales à M. l'ingénieur en chef Billardon, et j'ai accordé les récompenses dont la demande a été faite par le directeur de la poudrerie et appuyée par M. l'inspecteur général. Le tableau qui les fait connaître sera porté à la connaissance du personnel des établissements des poudres et salpêtres, à titre d'exemple et d'encouragement.

C. DE FREYCINET.

Digitized by Google

N° 116.

INCENDIE SURVENU LE 3 MAI 1889, DANS LE BATIMENT *k* DE LA POUDRERIE DE TOULOUSE.

(Lettre collective n° 7.)

Paris, le 9 juin 1889.

Messieurs, un commencement d'incendie s'est déclaré le 3 mai dernier, au bâtiment *k* de la poudrerie de Toulouse, qui contient une machine à vapeur demi-fixe et deux générateurs Belleville munis de cheminées en tôle traversant la toiture du bâtiment.

Le feu, qui avait pris naissance dans la couverture aux environs du passage d'une des cheminées, a été rapidement éteint, et les dégâts occasionnés sont peu importants.

Je vous adresse, ci-joint, le rapport de M. l'inspecteur général sur cet accident ; il ressort de ce rapport que l'inflammation paraît avoir été déterminée par une étincelle entraînée le long de la cheminée par le courant d'air chaud, et venant se déposer sur une partie du lattis restée à découvert et fortement échauffée par le voisinage même de la cheminée.

J'appelle l'attention des directeurs des poudreries sur les mesures indiquées par le rapport de M. l'inspecteur général pour assurer l'incombustibilité totale du bâtiment, en leur recommandant d'en poursuivre l'application en cas de construction à neuf. Lorsqu'ils auront à utiliser des bâtiments existants, ils devront, pour assurer un isolement complet, prendre soin de laisser au moins $0^{m},20$ d'intervalle vide entre la cheminée et les bois de la charpente, de recouvrir la partie supérieure du toit de feuilles métalliques et de garnir la partie inférieure d'un enduit en plâtre qui masquera tous les bois, y compris les faces apparentes de l'enchevêtrure.

C. DE FREYCINET.

Digitized by Google

N° 117.

STATISTIQUE DES ACCIDENTS.

(Lettre collective n° 8.)

Paris, le 12 juin 1889.

Messieurs, les directeurs des établissements du service des poudres et salpêtres ont été invités à fournir divers tableaux indiquant, pour une période aussi longue que l'état des archives le permettrait, la statistique des accidents survenus dans ces établissements et dans les dynamiteries privées de Paulilles, Saint-Sauveur et Matagne.

En ce qui concerne le nombre des ouvriers tués par accident, ces tableaux ont permis de mettre en évidence, pour chaque poudrerie, une série d'années sans interruption, pour chacune desquelles le nombre des victimes figure en regard du chiffre moyen du personnel ouvrier : on obtient ainsi, par l'addition de ces deux séries de chiffres, le nombre total des victimes correspondant à un nombre total d'ouvriers ayant travaillé chacun pendant une année.

Le tableau n° 1, ci-joint, donne les résultats obtenus pour chacune des périodes 1820-1872, 1873-1883, 1884-1889.

Il en ressort que, pour l'ensemble du service, la proportion des victimes, par année et par 1000 ouvriers, s'est successivement abaissée de 3,63 à 2,61 et à 0,68.

Le tableau n° 2 permet de comparer ces résultats avec ceux qui sont réalisés dans les principales industries : il montre que, pour la période actuelle, les établissements du service des poudres doivent être rangés parmi ceux où le travail présente la plus grande sécurité relative.

J'invite les directeurs des établissements à porter ce dernier résultat à la connaissance du personnel placé sous leurs ordres.

C. DE FREYCINET.

Digitized by Google

I.

Statistique des accidents survenus dans les poudreries nationales.

DÉSIGNATION des établissements.	ANNÉE à partir de laquelle commence le relevé.	PÉRIODE de 1820-1872. Nombre des ouvriers employés.	PÉRIODE de 1820-1872. Nombre des ouvriers tués.	PÉRIODE de 1873-1883. Nombre des ouvriers employés.	PÉRIODE de 1873-1883. Nombre des ouvriers tués.	PÉRIODE de 1884-1889. Nombre des ouvriers employés.	PÉRIODE de 1884-1889. Nombre des ouvriers tués.
Angoulême	1820	2465	6	2570	17	1865	»
Le Moulin-Blanc	1877	»	»	369	»	1251	1
Le Pont-de-Buis	1865	582	»	1123	3	868	»
Le Ripault	1869	450	»	3130	5	840	»
Sevran-Livry	1873	»	»	1708	3	1154	»
Esquerdes	1839	1205	9	1075	»	632	1
Saint-Ponce	1822	1006	2	396	5	180	»
Vonges	1875	»	»	1225	»	749	»
Saint-Chamas	1879	»	»	1280	3	1281	»
Toulouse	1840	1459	9	1955	2	581	1
Saint-Médard	1873	»	»	1260	4	844	4
		7167	26	16091	42	10245	7
Proportion des victimes par année et par 1000 ouvriers		3,63		2,61		0,68	

Digitized by Google

II.

Statistique comparée des accidents dans les poudreries nationales françaises et dans diverses industries.

DÉSIGNATION DES INDUSTRIES, classées par ordre de sécurité croissante.	NOMBRE des accidents mortels, par année et par 1000 ouvriers.
1. Dynamiterie privée de Paulilles (Pyrénées-Orientales), 1879-1889 (a)	27,90
2. Dynamiterie privée de Matagne (Belgique), 1882-1889 (a)	20,20
3. Bâtiments armés pour la pêche en Islande, 1874-1883 (b)	9,20
4. POUDRERIES NATIONALES FRANÇAISES, 1820-1872 (c)	3,63
5. Houillères (Statistique générale) (d)	3,37
6. Camionnage et roulage (Statistique générale) (d)	3,33
7. Exploitation des chemins de fer belges, 1879-1882 (e)	2,97
8. Constructions de chemins de fer, ponts, etc. (Statistique générale) (d)	2,94
9. POUDRERIES NATIONALES FRANÇAISES, 1873-1883 (f)	2,61
10. Carrières (Statistique générale) (d)	2,34
11. Brasseries (Statistique générale) (d)	1,86
12. Exploitation des chemins de fer anglais, 1874-1887 (g)	1,78
13. Travaux de maçonnerie et de charpenterie (Statistique générale) (d)	1,35
14. Exploitation des chemins de fer français, 1875-1885 (h)	1,25
15. POUDRERIES NATIONALES FRANÇAISES, 1884-1889 (i)	0,68
16. Fabrication des machines et outils (Statistique générale) (d)	0,58
17. Industrie textile (Statistique générale) (d)	0,23

(a) D'après des documents officiels.

(b) *Journal de la Société de statistique de Paris* (année 1883, t. XXV, p. 176).

(c) D'après des documents officiels.

(d) Statistique citée par Ugo Mazzola (*L'assicurazione degli operai*; Roma, 1886). — *Mémoires et Comptes rendus des travaux de la Société des ingénieurs civils*, 1887, t. I, p. 367.

(e) *Annuaire statistique de la Belgique* (Ministère de l'intérieur).

(f) D'après des documents officiels. — (Les poudreries nationales ont été rattachées au ministère de la guerre en 1873, et ont reçu, à partir de cette époque, des développements considérables.)

(g) D'après les Rapports généraux du Board of Trade.

(h) Documents statistiques sur les chemins de fer français, relatifs à l'année 1885. (Ministère des travaux publics.)

(i) D'après des documents officiels.— (Période de fabrication de la mélinite et des poudres sans fumée.)

Digitized by Google

N° 118.

CIRCULAIRE DU 20 JUIN 1889 RELATIVE AU TRANSPORT, PAR CHEMINS DE FER, DES MATIÈRES INFLAMMABLES OU EXPLOSIBLES, AUTRES QUE LES POUDRES ET LA DYNAMITE.

Paris, le 20 juin 1889.

A MM. LES ADMINISTRATEURS DES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER.

Messieurs, ainsi que vous le savez, l'arrêté ministériel du 9 janvier 1888, relatif au transport, par chemins de fer, des MATIÈRES INFLAMMABLES OU EXPLOSIBLES autres que les *poudres* et la *dynamite,* a donné lieu, tant de la part des Compagnies que de celle d'un grand nombre d'industriels, à des réclamations qui en rendent la revision nécessaire. Ces réclamations portent, soit sur la classification, soit sur les conditions d'emballage, de chargement ou de transport de certains produits, tels que les *essences de pétrole* et *autres essences minérales,* l'*huile de pétrole non rectifiée,* l'*acide nitrique du commerce,* la *mélinite,* la *crésylite,* l'*émilite,* le *chlorure de méthyle,* les *mèches de mineurs non munies d'amorces* ou d'*autres moyens d'inflammation,* les *allumettes chimiques,* l'*huile de pétrole rectifiée,* l'*huile de schiste* ou de *goudron de houille,* le *charbon de bois en poudre fine,* le *chlorure de chaux,* l'*acide sulfurique,* les *munitions de sûreté* et les *douilles vides simplement amorcées pour cartouches de guerre ou de chasse.*

L'examen qui a été fait de presque toutes ces réclamations, tant par les services de contrôle que par le Comité de l'exploitation technique des chemins de fer, m'a permis de reconnaître qu'il était indispensable de procéder à une refonte complète de l'arrêté ministériel précité du 9 janvier 1888. Mais, ce travail devant nécessairement exiger un temps considérable, je crois devoir prendre une décision transitoire qui, sur la plupart des points soulevés, donnera satisfaction aux nombreuses réclamations que mon administration a reçues. Cette décision n'a d'ailleurs qu'un caractère provisoire et, si la mise en pratique des modifications ainsi apportées à l'arrêté précité du 9 janvier 1888 venait à révéler quelques inconvénients graves, les Compagnies ne manqueraient pas de me les signaler, afin que la Commission spéciale chargée de l'élabora-

Digitized by Google

tion du nouveau règlement puisse en tenir compte en tant que de besoin.

Les motifs des réclamations soulevées vous étant connus, je crois inutile de les rappeler ici et je me borne à l'indication des nouvelles dispositions qui seront applicables sur votre réseau, *dans un délai de quinze jours,* lequel courra à dater de la présente circulaire et me paraît suffisant pour que vous adressiez à votre personnel les instructions nécessaires.

Classification.

I. — L'*huile de pétrole non rectifiée,* l'*acide nitrique du commerce* et les *huiles* dites *essentielles,* extraites par distillation du *pétrole,* des *schistes bitumineux* ou du *goudron de houille,* classés dans la première catégorie des matières dangereuses par l'arrêté ministériel du 9 janvier 1888, seront considérés jusqu'à nouvel ordre comme étant de la *deuxième* catégorie.

II. — L'*huile de pétrole rectifiée* et l'*huile de schiste* ou *de goudron de houille,* classées dans la deuxième catégorie, seront considérées comme étant de la *troisième* catégorie.

III. — Les *munitions pour armes portatives,* dites *munitions de sûreté,* savoir :

1° *Amorces en poudre n°* 1, en boîtes de fer-blanc ;
2° *Amorces en poudre n°* 3, en boîtes de carton ;
3° *Amorces Flobert,* en boîtes de fer-blanc ;
4° *Appareils percutants pour cartouches à percussion centrale,* en boîtes de carton,

classées dans la troisième catégorie, seront considérées comme étant de la *quatrième catégorie.*

(Les autres munitions de sûreté, désignées dans l'arrêté du 9 janvier 1888 sous les n°s 5, 6, 7 et 8, restent classées dans la troisième catégorie.)

Subsidiairement et bien que la question ne se rattache pas aux modifications à apporter à l'arrêté ministériel du 9 janvier 1888, je ne fais aucune objection à ce que, suivant votre proposition, vous exonériez, dès maintenant, de la surtaxe de 50 pour 100 le transport de *toutes* les munitions de sûreté (de 1 à 8) *destinées à*

Digitized by Google

l'exportation, étant d'ailleurs bien entendu que, dans ce cas, les expéditeurs devront produire toutes les pièces nécessaires pour justifier cette exonération.

IV. — *Les douilles vides simplement amorcées pour cartouches de guerre ou de chasse* cesseront de faire partie de la *quatrième* catégorie et seront considérées comme *marchandises ordinaires.*

Emballage.

V. — Les dispositions contenues dans la circulaire ministérielle du 5 février 1889 pour l'emballage *des mèches de mineurs non munies d'amorces ou d'autres moyens d'inflammation* resteront en vigueur.

VI. — Il en est de même en ce qui touche les *allumettes chimiques,* pour l'emballage desquelles le régime établi par les circulaires des 24 mars et 26 décembre 1888 continuera à être appliqué jusqu'à nouvel ordre, en ce qui concerne aussi bien la « Compagnie générale des allumettes chimiques pour la France et l'étranger » que toute autre société fabriquant et vendant hors de France (telle que la Compagnie Caussemille et Roche) dont les produits peuvent avoir à transiter sur les lignes de notre réseau.

VII. — *Le charbon de bois en poudre fine* devra être contenu dans des *enveloppes* ou des récipients *fermés* de nature quelconque.

Chargement et transport.

VIII. — Par dérogation à l'article 7 (§ 3) de l'arrêté ministériel du 9 janvier 1888, *seules,* les matières des *trois premières catégories* doivent être chargées dans des wagons munis de tampons à ressort et, *seuls,* les wagons contenant des matières dangereuses de ces catégories devront être précédés ou munis d'au moins un véhicule muni de tampons à ressort.

IX. — Sont modifiées ou complétées, ainsi qu'il suit, les dispositions qui font l'objet des § 3 à 10 de l'article 8 de l'arrêté ministériel dont il s'agit :

« Sur les sections où ne circulent pas des trains de marchandises réguliers, les matières de la *deuxième catégorie* pourront être

Digitized by Google

transportées par trains mixtes, à la condition que les wagons qui les contiennent soient séparés, d'une part, de la machine par *deux wagons* au moins ne renfermant pas de matières facilement inflammables, et, d'autre part, des voitures de voyageurs, soit en avant, soit en arrière, par *trois wagons* au moins ne contenant pas non plus de matières facilement inflammables.

» Les *munitions de sûreté* qui restent classées dans la troisième catégorie (*cartouches*), lorsqu'elles sont emballées dans des caisses ayant isolément un poids brut supérieur à 10^{kg}, sont admises dans les trains mixtes à la condition que les wagons qui les contiennent soient séparés, d'une part, de la machine par *deux wagons* au moins ne renfermant pas de matières facilement inflammables, et, d'autre part, des voitures de voyageurs :

» Lorsqu'ils sont placés en avant de ces voitures, par *trois véhicules* au moins ne contenant pas de matières facilement inflammables;

» Lorsqu'ils sont placés en arrière, par *un véhicule* au moins, satisfaisant à la même condition.

» Sont assimilées aux matières de la *quatrième* catégorie, en ce qui concerne le transport par les trains de voyageurs, les *munitions de sûreté* ci-dessus mentionnées (*cartouches*) lorsqu'elles sont emballées dans des caisses n'ayant pas chacune un poids brut supérieur à 10^{kg} et que le nombre desdites caisses n'excède pas dix par train.

» Les autres matières de la *troisième catégorie* (§ *b*) sont admises dans les trains portant des voyageurs; les wagons qui les contiennent peuvent occuper dans le train une place quelconque, s'ils sont couverts et à panneaux pleins. S'ils ne remplissent pas cette condition, ils doivent être séparés, tant de la machine que des voitures à voyageurs, par des véhicules ne contenant pas de matières facilement inflammables; les nombres de ces véhicules doivent être respectivement les mêmes que pour les matières de la même catégorie (§ *a.* — *Cartouches*) voyageant sans limitation de poids.

» Les wagons contenant des matières de la *quatrième* catégorie peuvent occuper dans le train une place quelconque, s'ils sont couverts et à panneaux pleins. S'ils ne remplissent pas cette condition, ils doivent être séparés des voitures de voyageurs, soit à

Digitized by Google

l'avant, soit à l'arrière, par *un véhicule* au moins, ne contenant pas de matières facilement inflammables. »

Telles sont, Messieurs, les modifications ou dérogations temporaires que je crois devoir autoriser après un examen personnel de l'affaire.

Ces nouvelles dispositions sont conçues dans un sens libéral de nature à donner une juste satisfaction au commerce et à l'industrie ainsi qu'aux compagnies de chemins de fer, par les facilités qu'elles leur procureront pour l'exploitation des lignes qui leur sont confiées. L'expérience seule démontrera si elles peuvent toutes être maintenues sans inconvénient; mais, dans le cas où il n'en serait pas ainsi, je vous prierais de me faire connaître en temps utile les observations que vous pourriez avoir à présenter.

Je dois, d'ailleurs, pour n'omettre aucun des points indiqués au commencement de la présente dépêche, vous faire connaître qu'il ne m'a paru y avoir lieu, au moins quant à présent, de réglementer, ainsi que me l'avaient demandé certaines compagnies, le transport du *chlorure de chaux* et de *l'acide sulfurique*. Je n'ai pas cru non plus devoir donner suite à la demande qui m'avait été faite d'autoriser le transport, *par grande vitesse,* des récipients éprouvés à 14 atmosphères et ne contenant pas plus d'un kilogramme de *chlorure de méthyle médicinal.*

En ce qui touche la *mélinite,* la *crésylite* et l'*émilite,* la circulaire ministérielle du 4 février 1888, notificative de l'arrêté ministériel du 9 janvier précédent, a stipulé que, jusqu'à nouvel ordre, ces trois substances, non mentionnées dans l'une des quatre catégories des matières dangereuses qui figurent dans cet arrêté, seront transportées sous la responsabilité du département de la guerre, *comme des produits chimiques ordinaires.* Il en résulte que ces substances peuvent être admises dans les trains contenant des voyageurs, si l'administration requiert le transport accéléré, et, même pour les expéditions en petite vitesse, par trains mixtes, sur les sections où il n'existe pas de trains de marchandises réguliers.

Or, en se rappelant les dispositions qui précèdent, l'Agence générale des compagnies de chemins de fer pour les transports des ministères de la guerre et des finances a fait observer que, bien que M. le ministre de la guerre se porte garant de la complète innocuité du transport de la *mélinite,* de la *crésylite* et de l'*émi-*

Digitized by Google

lite, sans aucune précaution spéciale, les Compagnies ne pouvaient oublier qu'il s'agit de substances encore peu connues dont plusieurs accidents ont déjà révélé les terribles effets et que, si une catastrophe venait à se produire, de lourdes responsabilités morales se trouveraient engagées en dehors des responsabilités pécuniaires dont le département de la guerre consent à couvrir les Compagnies. Il a donc semblé à l'Agence générale des transports de la guerre que, tant que n'aurait pas été rendu un règlement définitif, étudié en complète connaissance de cause et destiné à fixer les conditions de transport de ces substances, la prudence la plus élémentaire commandait de les exclure des trains de voyageurs.

Ces observations m'ont paru devoir être prises en sérieuse considération, et, après avoir saisi de la question le Comité de l'exploitation technique des chemins de fer, j'ai décidé :

1° Que, jusqu'à nouvel ordre, la *mélinite,* la *crésylite* et l'*émilite,* bien que considérées comme produits chimiques ordinaires, seraient exclues des trains contenant des voyageurs et ne seraient pas, par suite, admises au transport par vitesse accélérée, sauf le cas où l'expédition par train spécial serait requise;

2° Que, pour les transports en petite vitesse, il serait fait application des dispositions du traité des transports de la guerre, concernant soit les itinéraires détournés à suivre et à décompter, soit les trains spéciaux à mettre en marche pour le transport des poudres, lorsque l'itinéraire normal emprunte des sections sur lesquelles il n'existe pas de trains de marchandises réguliers.

Veuillez, je vous prie, Messieurs, m'accuser réception de la présente circulaire et me faire connaître les dispositions que vous aurez prises pour en assurer l'exécution dans le délai de *quinze* jours ci-dessus fixé.

Recevez, Messieurs, l'assurance de ma considération très distinguée.

Le ministre des travaux publics,

YVES GUYOT.

Digitized by Google

N° 119.

EXPORTATION DES POUDRES DE GUERRE.

(Lettre collective n° 9.)

Paris, le 27 juillet 1889.

Messieurs, des doutes s'étant élevés sur la suite qui devait être donnée aux demandes de poudres de guerre pour l'exportation, adressées aux directeurs des poudreries par les entrepôts des contributions indirectes, je vous informe que ces demandes doivent toujours être admises en principe, lorsque le type de poudre indiqué figure parmi ceux dont l'exportation est autorisée.

Les directeurs des poudreries devront, toutefois, me faire connaître sans retard les demandes de cette nature. Si la poudre existe en approvisionnement, ils en feront l'envoi sans autorisation spéciale. Dans le cas contraire, ils auront à m'adresser des propositions pour l'exécution de la commande.

Ils devront m'en référer également dans le cas où le type de poudre demandé ne rentrerait pas dans les catégories prévues par la notice sur l'exportation des poudres.

S'il s'agissait de coton azotique ou de coton-poudre, les directeurs devraient transmettre immédiatement les demandes à la poudrerie du Moulin-Blanc et en aviser les entreposeurs des contributions indirectes.

C. DE FREYCINET.

N° 120.

DISPOSITIONS RELATIVES A LA ZONE DES SERVITUDES AFFÉRENTES AUX POUDRERIES.

(Lettre collective n° 10.)

Paris, le 30 juillet 1889.

Monsieur le directeur, à diverses reprises, le service des poudres et salpêtres a dû s'occuper de la question de savoir à quelle distance des poudreries pourraient être édifiées des constructions ou habitations que le voisinage des établissements exposait à des dommages

Digitized by Google

en cas d'explosion et qui pouvaient être, par elles-mêmes, de nature à compromettre la sécurité des opérations qui s'effectuent dans l'enceinte de ces établissements.

En raison du danger d'incendie ou d'explosion qu'elle présente, la fabrication des poudres a été rangée dans la première classe des établissements réputés insalubres, dangereux ou incommodes, qui, aux termes du décret du 15 octobre 1810, doivent être indispensablement éloignés des habitations particulières; mais aucun texte ne fixe les conditions de cet isolement.

A défaut de réglementation spéciale, il a été admis que, pour les mêmes raisons d'intérêt de sécurité publique qui ont conduit à établir une zone de servitudes autour des magasins à poudre, il convenait d'étendre aux poudreries les mesures de précaution édictées, à l'égard de ces magasins, par la loi du 22 juin 1854.

Mais cette assimilation des poudreries aux magasins à poudre ne résulte pas des textes; la loi précitée, en effet, ne parle pas des poudreries nationales, mais seulement des magasins à poudre de la guerre et de la marine; aussi ai-je cru opportun de soumettre la question au Conseil d'état, qui, sous la date du 10 juillet 1889, a formulé son avis.

Aux termes de cet avis, dont vous trouverez ci-joint une copie, la loi du 22 juin 1854 n'est pas applicable aux poudreries, puisqu'elle ne les vise pas expressément; mais le Conseil d'état estime que les bâtiments compris dans l'enceinte des poudreries, qui renferment des poudres fabriquées et constituent ainsi de véritables magasins à poudre, peuvent être classés comme tels par décision ministérielle. Pour ces bâtiments, la zone de servitude doit être comptée, non pas à partir de l'enceinte des poudreries, mais à partir du bâtiment lui-même, à moins, toutefois, que celui-ci ne soit entouré d'un mur d'enceinte, auquel cas la zone doit être comptée de ce mur même.

Vous trouverez ci-joint, à titre de renseignement, une copie de la note du Conseil d'état, en date du 18 juin 1884, qui est visée dans l'avis formulé par ledit Conseil, dans sa séance du 10 juillet 1889.

En vue de l'application des dispositions dudit avis, MM. les directeurs m'adresseront, avec un plan de l'établissement à l'appui, la nomenclature des bâtiments qui sont situés à moins de

Digitized by Google

50m de la limite extérieure des terrains appartenant à l'état et qu'ils proposeront d'assimiler aux magasins à poudre, et ils me feront connaître, à l'appui de leur proposition, la destination actuelle de ces bâtiments et leur contenance normale en poudre ou explosif. Je statuerai, après examen de ce plan, sur le classement des divers bâtiments comme magasins à poudre.

C. DE FREYCINET.

CONSEIL D'ÉTAT.

Section des finances, des postes et télégraphes, de la guerre, de la marine et des colonies.

N° 79652.

Au sujet de la possibilité d'établir des servitudes légales autour des poudreries. (Question.)

M. LE Gal MOJON, *rapporteur*.

EXTRAIT

DU REGISTRE DES DÉLIBÉRATIONS DE LA SECTION.

Séance du 10 juillet 1889.

AVIS.

La section des finances, ..., de la guerre, etc., ..., qui, sur le renvoi qui lui a été fait par le ministre de la guerre, a examiné la question de savoir s'il existe des servitudes légales autour des poudreries,

Vu la loi du 22 juin 1854;

Vu l'avis du Conseil d'état, en date du 18 juin 1884, au sujet du point de départ des servitudes afférentes aux magasins à poudre;

Vu la dépêche du ministre de la guerre, en date du 27 juin 1889;

Considérant que la loi du 22 juin 1854, qui détermine des zones de servitude autour des magasins à poudre de la guerre et de la marine, ne mentionne que ces établissements et qu'on ne saurait, par voie d'assimilation, étendre les dispositions de la loi aux poudreries;

Mais, considérant que les poudreries renferment nécessairement des bâtiments où sont entreposées des poudres fabriquées; que ces bâtiments constituent, par suite, de véritables magasins à poudre, et que rien ne fait obstacle à ce qu'ils soient classés comme tels par décision ministérielle;

Considérant, toutefois, que si les distances mentionnées aux articles 1 et 2 de la loi du 22 juin 1854, pour la détermination de la zone des servitudes des magasins à poudre, doivent être comptées à partir du mur d'enceinte, il faut entendre par là le mur où sont percées les portes donnant accès aux

Digitized by Google

magasins et devant lesquelles ont lieu les chargements et les déchargements des poudres; que dès lors, les zones de servitudes des magasins à poudre compris dans l'enceinte des poudreries ne doivent pas être comptées à partir de cette enceinte, mais bien à partir du bâtiment lui-même dans lequel les poudres sont renfermées, à moins que celui-ci ne soit entouré d'un mur d'enceinte qui lui soit propre et en dehors duquel ont exclusivement lieu les chargements et déchargements des poudres;

Est d'avis :

Qu'il y a lieu de répondre au ministre dans le sens des observations qui précèdent.

Général MOJON, rapporteur,
BLONDEAU, président,
WOLSKI, secrétaire.

CONSEIL D'ÉTAT.

Section des finances, des postes et télégraphes, de la guerre, de la marine et des colonies.

N° 51 442.

Question au sujet du point de départ de la zone des servitudes afférentes aux nouveaux magasins à poudre.

M. MOJON, *rapporteur*.

ADOPTÉ LE 18 JUIN 1884.

NOTE.

Le ministre de la guerre, par une lettre en date du 7 juin 1884, a demandé l'avis de la section des finances, des postes et télégraphes, de la guerre, de la marine et des colonies au Conseil d'état, sur la question de savoir si la zone des servitudes établies autour des magasins à poudre, enterrés ou entourés de terre, doit être décomptée du mur même de ces magasins ou du pied des remblais qui les recouvrent.

Tout en reconnaissant que les distances mentionnées aux articles 1 et 2 de la loi du 22 juin 1854, pour la détermination de la zone des servitudes, doivent, en principe, être comptées à partir du mur d'enceinte des magasins à poudre, la section des finances et de la guerre estime qu'il y a lieu de rechercher, pour l'interprétation de la loi dans le cas où il n'existe pas de mur d'enceinte, le but que le législateur s'est proposé d'atteindre. Or, il résulte du rapport dont le dépôt du projet de loi a été accompagné en 1854, qu'en éloignant des magasins à poudre les plantations et certaines

Digitized by Google

constructions, on a eu pour objet, non seulement de protéger les magasins eux-mêmes, mais de mettre également à l'abri de tout danger les manipulations résultant des mouvements de poudre et de munitions.

On est donc fondé à admettre que c'est en vue de cette éventualité que le législateur a prescrit de compter les zones de servitudes, non à partir des magasins proprement dits, mais bien du mur d'enceinte où sont percées les portes donnant accès à l'établissement, et devant lesquelles ont lieu les chargements et les déchargements de voitures.

Il est incontestable, d'autre part, que, si dans les magasins enterrés ou entourés de terre le bâtiment principal est moins exposé que par le passé, les dangers en vue desquels les dispositions de la loi ont été édictées restent les mêmes en ce qui touche les endroits où ont lieu les manipulations résultant des mouvements de poudre ou de munitions; c'est-à-dire, les points où s'arrêtent les voitures à l'entrée des couloirs qui, traversant les remblais, aboutissent à l'intérieur des magasins. Ces couloirs, généralement revêtus, constituent d'ailleurs un véritable prolongement de la construction servant de magasin à poudre et en font partie intégrante.

Par les raisons exposées ci-dessus, la section des finances et de la guerre est d'avis que les points où les couloirs donnant accès aux magasins à poudre émergent à l'extérieur des remblais doivent, dans l'esprit de la loi, être considérés comme faisant partie de l'enceinte de ces mêmes magasins et que, par suite, sur les faces correspondantes, les distances prévues par les articles 1 et 2 de la loi du 22 juin 1854 doivent être comptées à partir du pied des remblais.

B. MOJON, rapporteur.

N° 121.

EXPLOSION SURVENUE, LE 15 FÉVRIER 1889, A L'USINE TERNAIRE N° 12 DE LA POUDRERIE D'ANGOULÊME.

(Lettre collective n° 11.)

Paris, le 1er août 1889.

Messieurs, une explosion s'est produite, le 15 février dernier, à la poudrerie nationale d'Angoulême, dans l'usine ternaire n° 12, pendant la trituration d'une charge de 100kg de matières pour poudre de mine.

Cette explosion n'a causé aucun accident de personne, mais les dégâts matériels ont été considérables; les trois murs forts de

Digitized by Google

l'usine ont été renversés, la toiture et la devanture violemment projetées en avant, la tonne entièrement détruite et les mécanismes gravement endommagés. Les usines et dépôts voisins n'ont, toutefois, éprouvé que des dégradations insignifiantes.

Je vous adresse, ci-joint, le rapport de M. l'inspecteur général sur cet accident.

Les recherches les plus minutieuses et les résultats de l'enquête n'ont pu permettre de déterminer nettement la cause de l'accident, qui, comme dans plusieurs cas analogues, reste absolument indécise.

Cependant, le directeur de l'établissement ayant, après informations supplémentaires, émis l'opinion que l'explosion pourrait être due à l'échauffement d'une courroie qui aurait glissé sur la poulie fixe, j'ai décidé que de nouveaux essais seraient exécutés sur les courroies des transmissions, afin de reconnaître si, contrairement aux conclusions des expériences exécutées à Metz en 1857 et portées à la connaissance des établissements par circulaire du 9 décembre de la même année, le fonctionnement de ces organes peut, dans des circonstances données, provoquer une explosion.

Dès que les résultats de ces essais me seront parvenus, je les ferai connaître aux ingénieurs et je prescrirai, s'il y a lieu, les modifications de mécanismes qui pourront être reconnues nécessaires.

Le rapport de M. l'inspecteur général signale, d'après les résultats de l'enquête complémentaire faite par le directeur, qu'un échauffement dangereux d'une courroie, déterminé par le glissement sur la poulie fixe, aurait été précédemment constaté dans l'usine ternaire n° 11, sans que cette particularité eût été portée à la connaissance des ingénieurs; il importe que des incidents de cette nature, qui intéressent à un haut degré la sécurité des opérations, ne restent point ignorés du personnel de direction et soient immédiatement déférés à son examen. J'invite donc les directeurs à donner les ordres les plus formels pour qu'il soit immédiatement rendu compte, à l'ingénieur chargé de la fabrication, de tous les faits anormaux qui peuvent se produire dans le fonctionnement des mécanismes et appareils en service.

C. DE FREYCINET.

Digitized by Google

RAPPORT

sur l'explosion survenue, le 15 février 1889, à l'usine 12 (tonnes ternaires) de la poudrerie nationale d'Angoulême.

L'usine 12, faisant partie du groupe des usines à tonnes ternaires 11-12 de la poudrerie nationale d'Angoulême, a fait explosion, le 15 février 1889, à midi, pendant la trituration d'une charge de ternaires de mine. Aucun ouvrier ne se trouvant à ce moment près de l'usine, les dégâts ont été purement matériels.

Description de l'usine. — Le groupe 11-12 de la ligne d'usines dite *de la Charente* contenait 4 tonnes ternaires (2 par compartiment). Ce groupe avait été reconstruit en 1854, suivant le type primitif commun à toute la ligne; mais l'installation actuelle des tonnes et de leurs mécanismes ne datait que de 1874. Le moteur commun aux deux usines était une roue Poncelet, de $4^m,60$ de diamètre, placée dans l'intervalle, de 4^m de largeur, séparant les deux usines. Chacune de celles-ci était formée par trois murs forts de 1^m d'épaisseur, jusqu'à une hauteur de $3^m,40$, au-dessus de laquelle cette épaisseur se trouvait réduite à $0^m,60$ au moyen d'une retraite intérieure existant sur tout le pourtour. Les murs forts étaient constitués par des parpaings en pierre de taille, avec remplissage en maçonnerie de moellons. Les deux murs latéraux extérieurs avançaient de $0^m,40$ sur l'alignement des murs latéraux intérieurs, comme l'indique le croquis ci-contre (*fig.* 1). Les devantures étaient formées de panneaux légers en bois, vitrés à la partie supérieure. Les toitures étaient lourdes, en ardoises, sur lattis en voliges de peuplier, avec plafond au-dessous, à chaque usine; la toiture était à une seule pente, du côté de la rivière. Celle du coursier était à deux pentes; la pente regardant le nord formait le prolongement direct des toitures des usines et était reliée avec celles-ci sans solution de continuité.

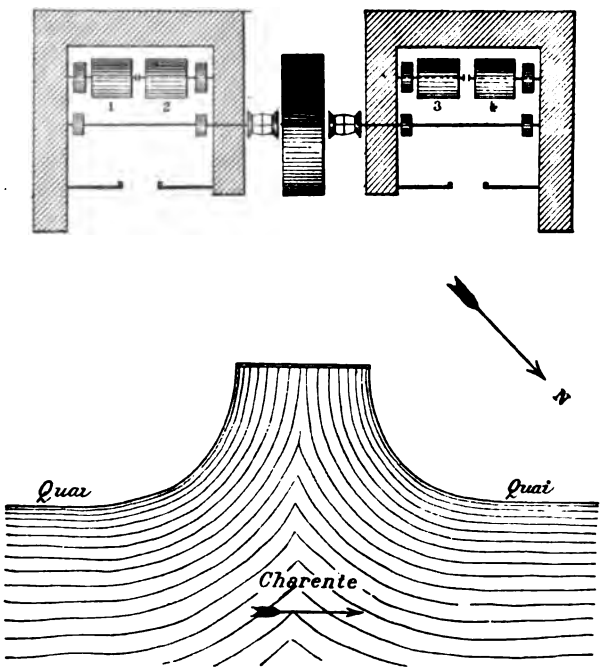
L'arbre de la roue hydraulique commandait directement, au moyen de pignons coniques, deux arbres verticaux placés dans le cabinet intermédiaire, contre les murs. Chacun de ces arbres était en deux parties reliées entre elles par un manchon à griffes, permettant le débrayage et la marche isolée de chaque usine, et portait à sa partie supérieure un deuxième engrenage conique donnant le mouvement à un arbre horizontal, qui pénétrait dans l'usine et portait deux tambours correspondant aux poulies fixe et folle de chaque tonne.

Les tonnes (1) et (2) de l'usine n° 11 étaient encore de l'ancien modèle, avec l'arbre en fer recouvert d'un manchon en bois en deux pièces et d'une gaine en cuir. La cloison intérieure était maintenue par ce manchon

Digitized by Google

en bois. Les tonnes de l'usine 12 s'étant trouvées hors de service, on avait décidé de les remplacer par des tonnes neuves portant la modification décrite dans le rapport de l'inspecteur général sur l'accident survenu à la poudrerie de Sevran-Livry, le 31 mars 1885, pendant la démolition d'une tonne ternaire. La tonne (3) était en cours de transformation. La tonne (4) avait été transformée et remise en place à la fin de 1888. Dans celle-ci, le manchon en bois avait été supprimé, l'enveloppe en cuir fort avait été appliquée directement sur l'arbre en fer et la cloison médiane avait été

Fig. 1.



fixée sur cet arbre au moyen de deux plateaux en bronze, chacun en deux pièces réunies par des boulons en bronze.

Pour les anciennes tonnes, comme pour la nouvelle, les paliers étaient des paliers graisseurs. Mais les petites dimensions de l'usine (5^m sur 5^m) avaient obligé à placer les tonnes contre les murs, sans intervalles libres, ni en arrière ni sur les côtés, et, par suite, sans palier postérieur ni escalier intermédiaire pour les chargements, lesquels se faisaient par le devant, au moyen d'un escabeau mobile. De là une sujétion regrettable à laquelle

Digitized by Google

s'ajoutait l'impossibilité d'une surveillance efficace des mécanismes pendant la marche.

Les cages des tonnes étaient du modèle ordinaire, mais très basses; de sorte que la vidange s'opérait dans des maies mobiles, d'où la matière était transvasée dans des chapes, pour son enlèvement.

Mode de service. — La fabrication de poudre de mine à Angoulême est intermittente. Les livraisons aux entrepôts ne sont pas considérables. On fabrique jusqu'à ce qu'on ait en magasin de 30000^{kg} à 40000^{kg}, puis on s'arrête jusqu'à ce que le stock de poudre fabriquée soit descendu à une dizaine de mille kilogrammes. La fabrication avait été reprise après l'inventaire, dans les premiers jours de janvier dernier, et la tonne (4) transformée avait été alors mise en service pour la première fois. Chaque tonne recevait, par compartiment, 33^{kg} de binaire soufre et 17^{kg} de binaire salpêtre avec 20^{kg} de gobilles en bois. La charge totale d'une tonne était donc de 100^{kg} de matières et de 40^{kg} de gobilles.

La production journalière étant de 1500^{kg} avec les trois tonnes en service, chacune de ces tonnes faisait cinq chargements. La durée totale d'une opération, chargement et déchargement compris, était d'environ deux heures, ce qui correspond à une durée de trituration de une heure et demie au maximum.

Les binaires étaient triturés au groupe voisin 13-14. Ils étaient tamisés pendant le déchargement des tonnes, au moyen des portes grillées munies de toiles métalliques à mailles de $2^{mm},5$. Le binaire-soufre, mis en étouffoirs, était transporté au dépôt 108, et le binaire-salpêtre, en chapes, au dépôt 107. Le service des tonnes ternaires était fait par un surveillant, qui ne quittait l'usine que pendant l'heure du repas, et par deux aides qui pesaient les binaires, faisaient les transports, aidaient au chargement et au déchargement, etc. Les binaires n'étaient pesés qu'au moment de l'emploi. Ils étaient mis dans des sacs. On vérifiait fréquemment l'état de propreté de ces sacs, ainsi que des wagonnets qui servaient à les transporter.

Circonstances de l'accident. — L'ouvrier Fauvaud (Jacques), auxiliaire de 1^{re} classe, surveillait les usines 11-12 depuis plus d'un an. Dans la journée du 15, il était aidé dans son service par les auxiliaires Vigier (Gabriel) et Déchaud (Girard). La seconde charge de la journée avait été terminée un peu avant 11^{h}. Fauvaud avait arrêté la roue hydraulique, placé les portes grillées munies de toiles métalliques à la perce de $1^{mm},4$, et commencé le déchargement.

Les aides Vigier et Déchaud étaient allés, vers 10^{h} et demie, peser, le premier le binaire-soufre, le second le binaire-salpêtre, et avaient amené leurs wagonnets sur les garages de la voie de service.

Digitized by Google

A leur arrivée, Fauvaud quitta l'usine pour aller déjeuner. Peu de temps après, le déchargement étant terminé, ils s'occupèrent de recharger les tonnes, Vigier à l'usine 12 et Déchaud à l'usine 11. Vigier, n'ayant à s'occuper que d'une tonne, eut fini avant Déchaud et vint aider celui-ci à terminer son chargement. Après s'être assuré que les portes étaient bien en place et que tout était en ordre dans l'usine, ils mirent en marche successivement chaque tonne, puis s'éloignèrent pour aller porter au granulateur (usine 8) les chapes de ternaire qu'ils venaient de remplir (1). Il était alors un peu plus de 11h et demie. En quittant le granulateur, Vigier revint déposer les chapes vides dans l'usine n° 11, puis ramena son wagon au dépôt 108, dans lequel il devait revenir, après déjeuner, pour prendre les binaires destinés à la charge suivante. Pendant ce temps, Déchaud ramenait directement son wagonnet du granulateur au dépôt 107. Comme il était midi moins quelques minutes, tous deux revinrent ensemble vers le pont existant entre les usines 12 et 13 et descendirent se laver les mains dans le canal de fuite, en aval de ce pont, qui fut pour eux un abri efficace contre l'explosion survenue à ce moment même.

Le poudrier François (Jean), qui, pendant l'heure du repas, surveille toute la ligne d'usines, depuis le n° 5 jusqu'au n° 16, était passé devant l'usine 12 quelques minutes avant et n'avait rien remarqué d'anormal. Il se trouvait entre les usines 7 et 8 au moment de l'explosion et courut arrêter les lissoirs 5 et 6 qui tournaient.

Effets de l'explosion. — Aucun ouvrier ne se trouvant aux abords immédiats de l'usine, il n'y a pas eu d'accident de personne à déplorer. Tout s'est borné à des dégâts matériels assez importants d'ailleurs.

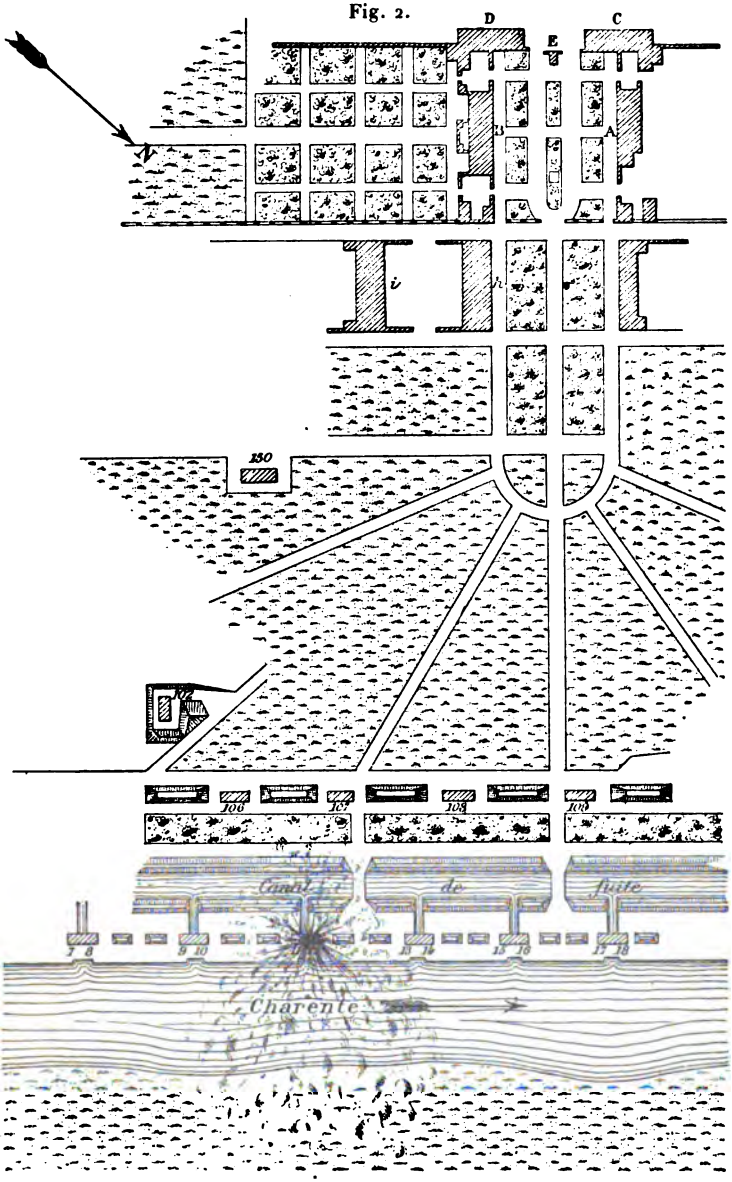
Les trois murs forts de l'usine 12 ont été renversés, mais sans projections. Il ne reste debout, sur tout le pourtour, que les premières pierres du soubassement, sur une hauteur d'environ $0^{m},50$. Aucune portion de mur n'est tombée à l'intérieur de l'usine. Le mur latéral extérieur s'est renversé au pied du merlon; les matériaux du mur de fond sont tombés sur le chemin de service et la voie ferrée, faussant une partie de la balustrade du pont établi sur le coursier. Quant au mur latéral intérieur, il s'est renversé sur la roue hydraulique et dans le coursier. La toiture et la devanture ont été violemment projetées en avant. Deux pannes sont restées sur le terre-plein en avant de l'usine, arrêtées par un arbre; les autres, avec les chevrons, le voligeage, etc., ont été jetées dans la rivière et entraînées par le courant jusqu'au déversoir. Des débris plus légers :

(1) La matière ternaire eût dû être enlevée des usines avant le rechargement, et son transport direct au granulateur serait, en outre, antiréglementaire, s'il devait donner lieu à une accumulation quelconque de matières.

Digitized by Google

planches du voligeage, morceaux de la devanture, etc., ont été retrouvés

Fig. 2.



dans la prairie au delà de la Charente. Un morceau de chevron est même allé jusqu'à 160^{m} en avant de l'usine.

Digitized by Google

Le mécanisme a également beaucoup souffert. L'arbre intérieur, qui porte les poulies de commande des tonnes, entraîné par les paliers scellés dans le mur du cabinet de la roue hydraulique, a suivi le mouvement de ce mur et a été retrouvé au milieu des décombres, sous la toiture du cabinet, qui, n'ayant plus de point d'appui du côté de l'usine 12, s'est effondrée.

L'arbre vertical, commandé directement par celui de la roue hydraulique, descendant plus bas que le sol de l'usine 12, est resté en place à sa partie inférieure et est venu, sous le choc du mur, se recourber à sa partie supérieure au-dessus de la roue Poncelet, laquelle n'a elle-même éprouvé que des détériorations insignifiantes, parmi lesquelles la rupture d'une des tiges de son vannage.

Quant à la tonne, ses débris ont été retrouvés, partie dans l'usine, partie en avant. Le plancher, sous lequel existait un vide de 15^{cm} à 20^{cm}, a été enfoncé à l'emplacement de la tonne, dont l'arbre a été retrouvé sur place, retourné bout pour bout et engagé entre deux pierres du socle. Les poulies ont été cassées et projetées, mais leurs moyeux sont restés sur l'arbre. Le plateau en bronze voisin des poulies est resté à sa place. Le plateau central maintenant la cloison a été repoussé vers l'autre extrémité de l'arbre et arrêté dans son mouvement par la clavette fixe du troisième plateau. On le retrouve ainsi à l'extérieur du mur, au delà de la partie de l'arbre engagée dans le socle. Quant au troisième plateau, qui maintenait le fond de la tonne (4), du côté de la tonne (3), il a été projeté, et on l'a découvert dans les décombres du mur latéral intérieur. Tous les paliers, sauf ceux qui étaient scellés dans le mur latéral extérieur, ont également été trouvés dans ces décombres. Un seul, celui de la tonne (4), qui était posé sur le bâti en bois, a été cassé.

Les débris des poulies fixe et folle de la tonne (4) ont été lancés dans toutes les directions; on en a retrouvé en avant, sur le quai de la Charente, à 20^{m} environ vers le nord, et en arrière, du côté du canal de fuite, au delà du chemin qui suit le pont, entre les usines 12 et 13.

L'usine 11 a été préservée, le feu ne s'étant pas communiqué aux tonnes (1) et (2). Ce fait paraît dû tant au mode de toiture qu'à la pluie abondante tombée récemment, qui avait fait disparaître toute trace de poussier sur le toit, sur les murs et sur le sol devant l'usine.

Mécanismes et tonnes sont intacts dans l'usine 11. Seules la devanture et la toiture ont été légèrement détériorées par la commotion.

Dans les usines et dépôts voisins, il y a eu fort peu de dégâts : quelques vitres cassées, quelques ardoises soulevées et des panneaux de devanture déplacés.

Dans le village des Planes, au delà de la prairie qui s'étend de l'autre

Digitized by Google

côté de la Charente, la commotion a causé quelques dégâts facilement réparables.

Causes de l'explosion. — Le rapport de l'ingénieur présente une discussion des causes de l'explosion assez remarquable pour que nous croyions devoir la reproduire textuellement.

« La cause de l'explosion », dit M. Bruley, « ne pouvant être nettement déterminée, on en est réduit à faire des hypothèses et à discuter leur plus ou moins de probabilité.

» Un fait qui paraît presque certain, c'est que l'inflammation initiale de la matière a eu lieu dans le compartiment de gauche de la tonne (4). C'est la seule manière d'expliquer les effets constatés, quant à l'action de l'explosion sur l'arbre de la tonne et les trois plateaux ou manchons que cet arbre portait. Pour avoir été amené au point où on l'a retrouvé, il semble, en effet, que le plateau qui maintenait la cloison centrale n'a pu recevoir l'action des gaz du compartiment de droite qu'à un moment où il ne rencontrait plus de résistance à gauche, c'est-à-dire alors que l'explosion du compartiment de gauche avait déjà projeté vers l'usine 11 le plateau et cassé le palier voisin du fond de la tonne appartenant à ce compartiment.

» On expliquerait également de cette manière la rotation de l'arbre de la tonne (4) qui, au moment de l'explosion du compartiment de droite, n'étant plus retenu que par le palier scellé dans le mur, aurait été amené dans la position où on l'a retrouvé.

» Relativement à la cause même de l'explosion, on ne peut faire que deux hypothèses : 1° dérangement ou échauffement des mécanismes; 2° action des gobilles en présence d'un corps étranger.

» Toutes les parties du mécanisme recueillies dans les décombres ont été mises de côté et examinées minutieusement. On n'a pu découvrir aucune trace de grippements ni de frottements anormaux. Les mécanismes de l'usine 12 avaient d'ailleurs été réparés et remis en état très peu de temps auparavant, au moment de la mise en place de la tonne (4) modifiée. Les poulies fixe et folle n'ont pu venir frotter l'une contre l'autre, puisqu'on avait ajouté, entre leurs moyeux, une deuxième rondelle, pour compenser l'usure constatée. Il a bien pu y avoir frottement de la courroie contre la fourche d'embrayage, mais les frottements de ce genre n'ont jamais été considérés comme dangereux et n'ont jamais donné lieu à des échauffements constatés. D'ailleurs, cette hypothèse d'un échauffement des poulies ou de la fourche d'embrayage paraît en contradiction avec l'explosion primitive du compartiment de gauche.

» La première hypothèse est bien peu vraisemblable. Examinons la seconde. Dans les explosions antérieures de tonnes ternaires, on a été amené à supposer que la matière contenue dans un des compartiments

Digitized by Google

avait pu, soit par suite de déchirures dans le cuir de la tonne, soit par suite de fermeture incomplète de la porte, se répandre peu à peu dans la maie. Les gobilles tournant à vide dans la tonne auraient alors, par leurs chocs, amené l'explosion. Il s'agissait alors de gobilles en bronze; or, à l'usine 12, on n'employait que des gobilles en bois et, la tonne étant neuve, une déchirure du cuir est presque impossible à admettre. Le chargement s'étant fait dans les conditions normales par un ouvrier soigneux, il paraît difficile également de supposer que la porte de la tonne ait été mal fermée. L'état des lieux ne permet guère de déterminer s'il y a eu ou non explosion d'une partie de la charge au ras du sol, dans la maie.

» En ce qui concerne la présence de corps étrangers, petits silex ou parcelles de gobilles en bronze ayant passé par les mailles des portes grillées des tonnes binaires, elle n'est pas inadmissible puisque, au nettoyage des tonnes ternaires, on en trouvait quelquefois. Dans toutes les poudreries ce fait se reproduit, mais on ne considère pas la présence de ces corps étrangers, noyés dans une masse de matières presque fluide, comme dangereuse. Elle ne pourrait le devenir que dans le cas où la matière tomberait dans la maie et où la marche des gobilles à vide, dans la tonne, se prolongerait.

» Le nouveau mode de construction de la tonne a-t-il été pour quelque chose dans l'accident? La garniture en cuir de l'arbre de la tonne s'est-elle déchirée et une gobille en bois, avec interposition d'un gravier siliceux, est-elle venue, pendant la marche, frapper soit cet arbre en fer, soit le plateau en bronze du milieu? On ne peut l'affirmer, mais c'est encore l'hypothèse la moins invraisemblable. »

Malgré le soin avec lequel elle a été faite, cette discussion laisse, comme dans la plupart des cas analogues, absolument indécise la cause réelle de l'explosion. Les dépositions recueillies dans l'enquête ne pouvaient, en effet, évidemment pas, au moment de la rédaction du rapport de l'ingénieur, conduire à une conclusion plus nette; mais le directeur de la poudrerie, peu satisfait des résultats de l'enquête, a cru devoir, après le départ de l'inspecteur général, interroger les ouvriers qui avaient été précédemment chargés de la conduite des usines à tonnes ternaires, et l'un d'eux, le poudrier de 1re classe Amédée Lafond, lui a fait, le 28 février, une déposition de laquelle il résulte qu'il y a environ dix-huit mois cet ouvrier s'étant, à la suite du chargement des deux tonnes de l'usine, absenté avec son aide, pour le transport de la charge précédente au granulateur 7-8, avait, en rentrant dans l'usine 11, constaté que la tonne voisine du coursier ne tournait pas. La courroie, un peu lâche, glissait sur la poulie fixe et fumait, et l'arrêt immédiat de la roue empêcha seul un accident d'autant plus imminent que « la courroie était tellement chaude qu'on ne pouvait la toucher à la main ». Le chef poudrier André fut averti de ce fait et, les

Digitized by Google

courroies ayant été raccourcies, les tonnes furent remises en route, sous la surveillance plus assidue du même poudrier.

Ce fait nous semble jeter une vive lumière sur la cause de l'explosion du 15 février. Les circonstances sont, en effet, identiques ; le déchargement des tonnes étant opéré et la roue hydraulique remise en mouvement, l'auxiliaire Vigier, comme l'avait fait le poudrier Lafond, est allé, avec son camarade, porter les chapes pleines au granulateur 7-8, puis il a rapporté des chapes vides, qu'il a déposées à l'usine 11 sans entrer dans l'usine 12 ; or, si la courroie de l'unique tonne de cette usine glissait depuis la mise en marche, son échauffement devait, à ce moment, être arrivé au point de gravité qui a été signalé par Lafond, et l'intervalle de temps employé par Vigier, pour aller au dépôt rejoindre son camarade et revenir avec ce dernier au bord du canal, était bien suffisant pour que le frottement de la courroie et de sa poulie amenât la température d'inflammation de la poudre.

Cette explication, présentée par le directeur de la poudrerie, est d'autant plus facilement acceptée par l'inspecteur général que celui-ci avait, dans sa dernière tournée d'inspection, plus vivement critiqué « les vices originels de construction consistant, pour les usines de la Charente, surtout dans leur exiguïté (5^m sur 5^m) et dans l'accumulation, dans cet étroit espace, d'appareils de fabrication dangereux, tels que deux tonnes ternaires ou deux tonnes de lissage », et recommandé « de ne négliger aucune occasion d'introduire dans ces usines les dispositions réglementaires » (ordres laissés au livret du matériel de la poudrerie d'Angoulême). L'installation des appareils de fabrication dans de telles usines est, en effet, déplorable, et, en ce qui concerne notamment les tonnes ternaires, comment compter sur la marche régulière des courroies agissant sur des poulies séparées par un intervalle de moins de $1^m,50$ d'axe en axe?

Responsabilités. — Il ressort nettement de l'enquête à laquelle nous avons procédé, que l'explosion de l'usine 12 est un fait purement fortuit, qu'il ne dépendait d'aucun des fonctionnaires, agents ou ouvriers de la poudrerie, d'empêcher. Le personnel de l'établissement doit donc être, à tous les degrés, déchargé de toute responsabilité du fait de cette explosion, dont les pertes, évaluées à la somme de $10514^{fr},03$, incombent exclusivement à l'état.

Nous aurions tout au plus à exprimer notre étonnement et notre regret de ce que le personnel supérieur de l'établissement fût, lors de notre enquête, dans l'ignorance d'un fait aussi grave que le précédent échauffement de mécanismes, à la reproduction duquel paraît devoir être attribuée l'explosion du 15 février.

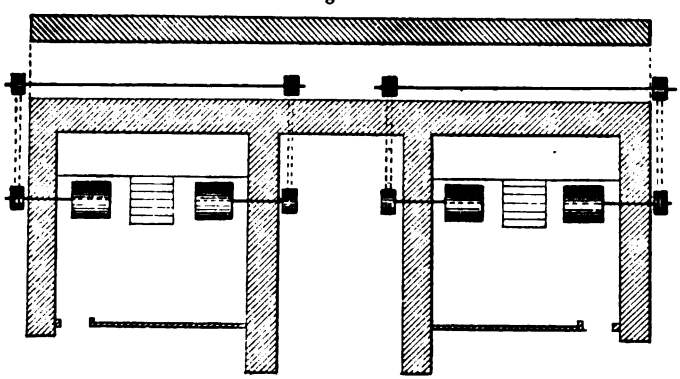
Enseignements à tirer. — A la suite de l'examen ci-dessus rappelé,

Digitized by Google

des causes probables de l'accident du 15 février 1889, les ingénieurs de la poudrerie visant d'abord, parmi ces causes, un choc de gobilles avec interposition de gravier siliceux, soit entre elles, soit contre l'arbre en fer ou le plateau central en bronze accidentellement mis à nu par une déchirure de la fourrure en cuir, avaient proposé d'étendre aux binaires de mine destinés aux tonnes ternaires le tamisage réglementaire des binaires de chasse destinés aux meules, et de revenir, pour la construction des tonnes, à l'ancien type réglementaire avec manchon en bois; puis, quand leur attention a été ensuite appelée sur le fait de l'échauffement des courroies, ils ont demandé, en outre, la suppression des transmissions par courroies dans les usines ternaires, et, à défaut de cette suppression, la surveillance permanente des tonnes en mouvement.

Nous ne croyons pas nécessaire, en présence de l'innocuité relative des gobilles en bois, de compliquer la fabrication du grain rond de mine par l'introduction, dans cette fabrication, d'un tamisage spécial des binaires, et le retour à l'ancien type des tonnes ternaires est d'autant plus indiqué que ce type est resté réglementaire, sans autre indication que celle qui consiste dans le remplacement, sur le fond opposé à la poulie, du plateau en une seule pièce par un plateau en deux pièces (Lettre collective n° 11, du 15 janvier 1886). Quant à la suppression des transmissions par courroies, nous la croyons, en effet, désirable dans toutes les usines à poudre; mais, au remplacement de ces organes par des engrenages intérieurs, nous pré-

Fig. 3.



férerions, pour les usines ternaires dans lesquelles le poussier est abondant, leur installation à l'extérieur, que la disposition ci-contre rend possible, même dans les usines contenant deux tonnes. Mais, en aucun cas, nous ne saurions admettre la surveillance permanente, attendu qu'une telle mesure, en même temps qu'elle nécessiterait une augmentation de

Digitized by Google

personnel, témoignerait d'un mépris de la vie humaine, dont nous avons pour premier devoir de nous occuper.

Reste la question de la reconstruction du groupe 11-12, à laquelle il a été répondu par avance dans la partie ci-dessus rappelée, de l'ordre laissé à l'établissement lors de notre dernière inspection générale. Cette usine doit être reconstruite avec les dimensions et dans les conditions des types réglementaires actuels, sans qu'on se laisse arrêter, ni par une augmentation de dépense justifiée entre toutes, ni par l'effet que pourra produire la saillie du nouveau groupe sur l'ancien chemin de service, qui n'a plus de raison d'être (1).

Paris, le 29 mai 1889.

L'inspecteur général.

G. MAUROUARD.

N° 122.

DÉCRET DU 12 AOUT 1889,

fixant les prix de vente de deux nouvelles poudres de mine à base de nitrate d'ammoniaque et de nitrate de soude.

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Sur le rapport du ministre des finances;

Vu la lettre du ministre de la guerre en date du 17 juillet 1889:

Vu la loi du 16 mars 1819;

Vu les décrets des 29 septembre 1850, 20 avril 1859 et 8 octobre 1864, fixant, pour les poudres de mine, les prix de vente à l'intérieur,

DÉCRÈTE :

Art. 1er. — Il sera vendu dans les entrepôts de la régie deux nouvelles espèces de poudre de mine à base de nitrate d'ammoniaque et de nitrate de soude, dont les prix sont fixés ainsi qu'il suit :

Poudre de mine au nitrate d'ammoniaque.....	3fr	le kilogramme
Poudre de mine au nitrate de soude.....	2	»

(1) L'examen des murs renversés ayant montré l'absence complète d'adhérence entre les parpaings en pierre de taille et le remplissage intérieur en moellons, ce mode de construction devra être remplacé par la construction ordinaire en moellons avec chaînes d'angle, qui pourront être, soit en pierres de taille et briques, soit en pierres de taille ou briques.

Digitized by Google

Art. 2. — Le ministre des finances est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 12 août 1889.

CARNOT.

Par le président de la République :

Le ministre des finances,

ROUVIER.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

POUDRES A FEU.

Mise en vente de deux nouveaux types de poudre de mine.

(Circulaire n° 567.)

Paris, le 22 août 1889.

Un décret en date du 12 août a autorisé l'administration à mettre en vente deux nouveaux types de poudre de mine au nitrate d'ammoniaque et au nitrate de soude, qui seront livrés aux prix ci-après :

Poudre de mine au nitrate d'ammoniaque	3fr le kilogramme
Poudre de mine au nitrate de soude	2fr »

Ces explosifs, étant destinés spécialement à la confection par l'industrie privée de cartouches comprimées, ne devront être vendus qu'en barils complets, qui seront pris par les consommateurs directement dans les entrepôts. Par suite, il n'y a pas lieu de prévoir de prix spéciaux pour la vente par les débitants.

La fabrication de ces poudres ne se fera provisoirement qu'à la poudrerie nationale d'Esquerdes et cet établissement sera en mesure de satisfaire aux demandes des entrepôts dès le 1er septembre prochain.

La manipulation de ces explosifs, ainsi que leur conservation en magasin, étant particulièrement inoffensive, aucune précaution spéciale n'est à prescrire pour le transport et l'emmagasinage. Toutefois, en raison de l'hygrométricité du nitrate d'ammoniaque, ces poudres seront renfermées dans des bidons en zinc, logés dans des barils en bois, qui empêcheront l'absorption de l'humidité. La valeur de ces enveloppes, qui sera consignée

Digitized by Google

par les acheteurs au moment de la livraison, sauf restitution ultérieure, suivant le mode en usage pour les poudres de mine, sera fixée dès que les essais en cours auront permis de la déterminer.

Le conseiller d'état, directeur général,

A. CATUSSE.

N° 123.

MISE EN VENTE D'UN NOUVEAU TYPE DE POUDRE DE MINE A BASE DE COTON-POUDRE ET DE NITRATE D'AMMONIAQUE.

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES.

(Circulaire n° 571.)

Paris, le 10 octobre 1889.

A la suite de catastrophes survenues, à intervalles rapprochés, dans diverses mines grisouteuses, l'administration de la guerre a chargé la Commission des substances explosives de rechercher un explosif à température de détonation suffisamment basse dont l'emploi présente le maximum de sécurité.

Conformément à l'avis exprimé par cette commission, le ministre des finances, d'accord avec le département de la guerre, a décidé que des cartouches comprimées de poudre pour mines grisouteuses, à base de coton-poudre et de nitrate d'ammoniaque, seront mises en vente immédiatement.

En attendant qu'une loi spéciale fixe le prix de vente desdites cartouches, les livraisons auront lieu au tarif provisoire de 4^{fr} par kilogramme, sous la réserve que les acheteurs s'engageront à verser au trésor le complément de prix, si le tarif proposé par le gouvernement venait à être relevé; de même l'excédent qu'ils auraient payé leur sera remboursé, si le chiffre indiqué ci-dessus venait à être réduit.

Les livraisons devront être faites, jusqu'à nouvel ordre, directement par les entreposeurs aux acheteurs et le montant en sera encaissé à titre de simple consignation. La conversion en

Digitized by Google

perception définitive aura lieu lorsque le prix aura été déterminé par la loi.

Les matières livrées dans ces conditions figureront dans les *restes à justifier* jusqu'à ce que les opérations de cession puissent être régularisées par la conversion des consignations en recettes définitives.

Les directeurs sont invités à porter ces dispositions à la connaissance du service et des intéressés et à veiller à ce que les entreposeurs adressent sans aucun retard les demandes de cartouches nécessaires. Ces demandes devront être adressées à la poudrerie de Sevran-Livry qui, jusqu'à nouvel ordre, fabriquera seule les cartouches dont il s'agit.

Le conseiller d'état, directeur général,

A. CATUSSE.

N° 124.

DÉTERMINATION DU TAUX D'HUMIDITÉ DES POUDRES DE LA MARINE.

(Lettre collective n° 15.)

Paris, le 30 novembre 1889.

Messieurs, je vous adresse, ci-jointe, une instruction sur la détermination du taux d'humidité des poudres, qui a été récemment adressée aux établissements de l'artillerie de la marine et qui sera appliquée désormais par la Commission de recette des poudres de la marine.

Afin d'assurer, autant que possible, la concordance entre les épreuves exécutées dans les établissements et celles de la Commission de recette, vous devrez, à l'avenir, appliquer cette instruction à la détermination du taux d'humidité des poudres destinées au département de la marine.

Toutefois, vous vous abstiendrez de faire usage de la lampe à pétrole prévue par le n° 4 de la partie A de ladite instruction : l'usage du pétrole étant interdit dans les établissements, vous emploierez, s'il y a lieu, des lampes à alcool, disposées de telle

Digitized by Google

sorte que les poussiers et poudres ne puissent arriver au contact de la flamme.

C. DE FREYCINET.

INSTRUCTION

Sur la détermination du taux d'humidité des poudres.

Paris, le 3 octobre 1889.

La variation de l'humidité est, d'une manière générale, la cause la plus fréquente des altérations que présentent les qualités des poudres. En particulier pour les poudres de la marine conservées dans des ports à régimes hydrologiques très différents, ou exposées à bord à des changements de température brusques et considérables, le taux d'humidité subit des changements qui se traduisent par une diminution de la justesse des canons et peuvent n'être pas sans danger pour leur résistance.

Afin de s'assurer du bon état des approvisionnements de poudre, le ministre a décidé que les directions d'artillerie des ports feront, au moment de la visite annuelle des munitions, une détermination du taux d'humidité des divers lots contenus dans leurs magasins. Un tableau spécial contenant les résultats de ces analyses sera joint au rapport envoyé au ministre, en exécution de l'instruction du 13 novembre 1877. Ce tableau sera conforme au modèle ci-joint.

Quand un navire remettra tout ou partie de ses munitions, on déterminera de même le taux d'humidité des poudres par des essais faits sur trois gargousses ou cartouches prises au hasard dans les munitions remises. S'ils sont réguliers, ces résultats seront joints au compte rendu annuel ci-dessous. S'ils étaient hors des limites réglementaires, on en donnerait sans retard connaissance au ministre.

Afin de rendre comparables les résultats obtenus dans les divers établissements de l'arme, on opérera uniformément de la manière suivante :

A. Matériel nécessaire.

1. Une balance mesurant un poids de 100^{gr} à 1^{mgr} près et la série de poids.

2. Un mortier en bronze (moyen) et son pilon.

3. Une étuve en cuivre avec thermomètre et régulateur de chaleur.

4. Une lampe à pétrole, s'il n'est pas possible d'installer le chauffage au gaz.

5. Quelques coupelles en verre à bords et couvercles rodés.

Digitized by Google

[illegible]

[illegible]

[illegible]

B. Détail des opérations.

1° *Au magasin.* L'échantillon d'épreuve doit être choisi au magasin à poudre, de manière à représenter à peu près les conditions moyennes du lot à essayer. Il faut remarquer cependant que, si les conditions dans lesquelles se trouvent placées les caisses à poudre étaient trop différentes, il ne faudrait pas hésiter à examiner séparément chaque partie.

Pour les poudres à grains moyens ou fins, l'échantillon comprendra une centaine de grammes.

Pour les poudres $\frac{4}{0}$ et les poudres prismatiques, on prend 10 grains au hasard, dans deux ou trois caisses différentes. L'échantillon est enfermé immédiatement, pour le transport au laboratoire, dans un flacon bouché hermétiquement et étiqueté aussitôt.

2° *Au laboratoire.* 1. Casser, pour les grosses poudres, les 10 grains de l'échantillon et prendre à peu près le quart de chacun d'eux.

2 Mêler dans le mortier en bronze et piler rapidement, pour obtenir une poudre fine dont aucun grain n'aura de dimension supérieure à $2^{mm},5$.

3 Dans une coupelle de verre bien sèche et tarée à l'avance avec son couvercle, mesurer, par la méthode de la double pesée, un poids de 10^{gr} de poudre.

4 Placer la coupelle découverte dans l'étuve, qu'on chauffe pendant 1^h à la température de 60° le plus régulièrement possible.

5 Couvrir rapidement la coupelle et la porter dans la cage de la balance, dont l'air doit être maintenu sec au moyen du chlorure de calcium.

6 Laisser refroidir pendant 15 à 20 minutes et déterminer la perte de poids de la coupelle toujours couverte.

7 Le taux d'humidité de l'échantillon est représenté par le même nombre que cette perte de poids exprimée en décigrammes.

8 Pour obtenir plus d'exactitude et mettre une erreur en évidence, on opère en même temps sur 2 échantillons de 10^{gr} pris dans le mortier. Les deux résultats obtenus ne doivent pas différer de plus de 0,1. On prendra [illegible]

C. Dosage de l'eau.

[illegible]

Digitized by Google

température de l'air ambiant. Il faut donc agir rapidement toutes les fois que la matière pulvérulente est exposée à l'air.

Il faut éviter que la température de l'étuve dépasse 65° et que le chauffage soit trop prolongé, afin de prévenir les pertes de poids provenant de la distillation du soufre.

Pour avoir la précision nécessaire, la balance doit être placée à l'abri des trépidations produites par les voitures de la rue et les machines des ateliers. Au moment de l'installation, le socle devra être disposé bien horizontalement, au moyen des vis calantes et en se servant d'un niveau à bulle d'air très précis. La balance est ensuite soigneusement réglée. Quand elle est bien entretenue, ces opérations n'ont besoin d'être refaites qu'à de longs intervalles. Il doit toujours y avoir à l'intérieur de la cage une soucoupe contenant du chlorure de calcium, et la cage ne doit être ouverte que le temps nécessaire pour les pesées.

Il est utile que la surveillance de toutes ces opérations soit confiée constamment au même opérateur.

Le général de division,
inspecteur général permanent de l'artillerie.

DARD.

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE DU TOME IV.

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE ANALYTIQUE.

PREMIÈRE PARTIE.

DOCUMENTS TECHNIQUES.

Pages.

Note sur l'onde explosive, sur les données caractéristiques de la détonation et sa vitesse de propagation dans les corps solides et liquides, et spécialement dans le nitrate de méthyle; par M. BERTHELOT, sénateur, membre de l'Institut, président de la Commission des substances explosives [5 janvier 1891] 7

Équation chimique 10
Volume gazeux spécifique 10
Chaleurs de formation et de décomposition 11
Pressions de détonation 11

VITESSE DE DÉTONATION 12

I. Tubes en caoutchouc (entoilé) 13
II. Tubes de verre 13
III. Tubes en métal anglais 14
IV. Tubes d'acier 14

De l'influence du covolume des gaz sur la vitesse de propagation des phénomènes explosifs; par M. VIEILLE, ingénieur des poudres et salpêtres [5 janvier 1891] 20

Note sur les perfectionnements apportés à la fabrication du coton-poudre de guerre à la poudrerie nationale du Moulin-Blanc; par M. GUINOT, sous-ingénieur des poudres et salpêtres [11 janvier 1891] .. 23

§ I. COTON-POUDRE 24

Choix du coton 24
Préparation du coton 24
Trempage et réaction 25
Turbinages et immersion 25
Ventilation 26
Refroidissement des auges 26
Lavage 26
Pilage 28
Emballage du coton-poudre en pâte 29

Digitized by Google

Pages.

Carbonatage du coton-poudre comprimé 29
Compression 30

§ II. Acide nitrique 30
Fabrication de l'acide nitrique 30

Note sur la préparation de l'éther à la fabrique de Bordeaux (annexe de la raffinerie nationale); par M. Biffe, ingénieur en chef des poudres et salpêtres [30 octobre 1890] 32

I. Généralités 32
II. Principes de la fabrication 33
III. Description des appareils 34
1re partie. — Éthérification et neutralisation de l'éther brut ... 34
2e partie. — Rectification de l'éther et récupération de l'alcool. 35
Rectification de l'éther 35
Récupération de l'alcool 36
IV. Dispositions accessoires 37
V. Production et prix de revient 38

Mémoire sur le tir des fusils de chasse; par M. le capitaine Journée, instructeur à l'École normale de tir du camp de Châlons. (Suite et fin.) [1er mai 1890] 40

Huitième partie. — dispersion du tir a plomb 40

Chap. I. — Généralités sur la dispersion 40
I. Utilité d'une gerbe ouverte 40
II. Forme de la gerbe 42
III. Méthode pour apprécier la dispersion du tir à plomb 43
IV. Division des causes de la dispersion du plomb ... 44

Chap. II. — Déviations initiales 45
Mode de détermination et distance de tir 45
A. Influence du fusil sur la dispersion initiale 45
I. Causes de la dispersion initiale dans les canons cylindriques 45
II. Mode de dispersion dans les canons choke-bored 48
III. Des canons choke-rifled 53
IV. Tir du plomb de chasse dans les armes rayées 53
V. Raccordement de la chambre et du canon ... 57
VI. Influence de l'état intérieur des canons cylindriques 60
VII. Influence de la longueur du canon 60
VIII. Influence de l'épaisseur du canon 61
IX. Influence du calibre 61

Digitized by Google

Pages.

B. Influence des éléments de la cartouche..... 61

I. Influence de la grosseur des grains de poudre et de la vivacité de la poudre noire..... 61
II. Influence du poids de la charge..... 62
III. Influence de la vitesse..... 62
1° Poudre noire..... 64
2° Poudre pyroxylée..... 64
IV. Dispersion comparée de la poudre noire et de la poudre pyroxylée..... 64
V. Dispersion comparative des canons choke-bored et cylindriques..... 66
VI. Influence du poids de la charge de plomb sur la dispersion..... 66
VII Influence de la grosseur du plomb..... 67
VIII. Plomb pur et plomb durci..... 68
IX. Tir avec des grains cylindriques..... 68
X. Charges grillagées..... 68
XI. Agglomération des grains de plomb..... 69
XII. Mélanges pulvérulents..... 69
XIII. Influence de l'étui..... 69
XIV. Cartouches sectionnées..... 70
Cartouches sectionnées en arrière de la bourre..... 70
Cartouches sectionnées en avant de la bourre..... 71
XV. Concentrateurs..... 71
XVI. Influence de la bourre..... 72

CHAP. III. — DÉVIATIONS POSTÉRIEURES A LA SORTIE ET ÉCARTS DU PLOMB AUX DIVERSES DISTANCES..... 72

I. Les écarts du plomb varient en fonction de la portée..... 72
II. Écarts du plomb aux diverses distances..... 72
III. Influence de la grosseur du plomb..... 74
IV. Influence du durcissement ou des déformations . 74
V. Influence de l'étranglement..... 75

NEUVIÈME PARTIE. — RÉGLAGE DU TIR..... 76

CHAP. I. — RÉGLAGE DES FUSILS..... 76

I. Convergence des canons..... 76
II. Angle de mire..... 76
III. Variation du réglage avec la charge de poudre.... 77
IV. Vibrations des armes et influence de ces vibrations sur le réglage..... 79
V. Hausse corrigeant le défaut de réglage en hauteur..... 83
VI. Résumé de l'influence du fusil sur le tir du plomb de chasse..... 85

Digitized by Google

Pages.

CHAP. II. — CORRECTIONS DE POINTAGE 87

I. Possibilité des corrections de pointage 87
II. Cas où la correction de pointage est utile 87
Durée de trajet 88
III. Corrections de pointage pour tenir compte de la vitesse du but 89
IV. Correction de pointage pour tenir compte de l'éloignement du but 93
V. Correction de pointage pour tenir compte de l'effet du vent 94
VI. Préjugés relatifs à l'influence de l'eau et des ravins sur les portées 95

CHAP. III. ÉCARTS PERSONNELS DES TIREURS 96

DIXIÈME PARTIE. — PUISSANCE DES FUSILS DE CHASSE 100

CHAP. I. — NOMBRE DE GRAINS DE PLOMB QUI FRAPPERONT UNE PIÈCE DE GIBIER DANS UN TIR COMPLÈTEMENT RÉGLÉ 100

CHAP. II. DÉTERMINATION DU CALIBRE ET DU POIDS DU FUSIL, DU POIDS ET DE LA VITESSE INITIALE DES PLOMBS QUI SONT LES PLUS CONVENABLES POUR LA CHASSE DU PETIT GIBIER 105

I. Éléments dont dépend la puissance du fusil de chasse 105
II. Poids du fusil 106
III. Recul 106
IV. Détermination de la vitesse la plus avantageuse. 108
V. Détermination du calibre le plus convenable ... 111

CHAP. III. — PERFECTIONNEMENTS POSSIBLES DES ARMES DE CHASSE 112

I. Perfectionnements possibles des fusils actuels 112
Fusil 112
Poudre 113
Densité des projectiles 113
Dispersion 113
Mécanisme du fusil 114
II. Fusils à tir successif et rapide 115
III. Tir d'obus dans les fusils de chasse 117

ONZIÈME PARTIE. — CHARGEMENT DES CARTOUCHES A PLOMB 120

CHAP. I. — ÉTUI 120

CHAP. II. — BOURRE 121

CHAP. III. — PLOMB 121

CHAP. IV. — POUDRES 122

Digitized by Google

Pages.

DOUZIÈME PARTIE. — TIR A BALLE DES ARMES DE CHASSE..... 124

CHAP. I. — PRINCIPES GÉNÉRAUX DU TIR A BALLE..... 124

I. Considérations générales sur la chasse à balle.... 124
II. Nécessité du tir à balle au delà d'une certaine distance..... 124
III. Genres divers de chasse à balle... 125

CHAP. II. — ARMES ET MUNITIONS EMPLOYÉES POUR LA CHASSE A BALLE. 126

I. Fusils lisses..... 126
Pénétration des balles sphériques..... 131
Réglage des fusils doubles lisses..... 132
Cartouches rayées..... 134
Tir à chevrotines..... 136
II. Fusils doubles rayés..... 139
Express rifle..... 139
III. Carabine Colt à répétition..... 141
Fusils divers..... 141

CHAP. III. — CONDITIONS A REMPLIR PAR LES ARMES DE CHASSE DESTINÉES AU TIR A BALLE..... 142

I. Sûreté de fonctionnement..... 142
II. Avantages comparatifs des fusils doubles et des fusils à répétition..... 143
III. Puissance meurtrière des balles..... 143
Puissance meurtrière des chevrotines..... 150
Force vive des plombs de chasse..... 151
Balles des fusils express..... 151
Balles à pointe d'acier..... 152
Balles explosives..... 153
IV. Tension des trajectoires..... 153
V. Précision du tir..... 154
VI. Réglage du fusil..... 155
VII. Poids de l'arme..... 156
VIII. Recul..... 156
IX. Choix d'un fusil destiné au tir à balle..... 158

Note sur la fabrication des poudres de mine aux nitrates d'ammoniaque et de soude à la poudrerie nationale d'Esquerdes; par M. CHARTRON, sous-ingénieur des poudres et salpêtres [30 octobre 1890]..... 159

Meules..... 160
Concassage..... 161
Grenoir..... 161
Séchage..... 161
Enfonçage..... 162
Produits obtenus..... 162

Digitized by Google

Pages.

Note sur la fabrication, les propriétés et le mode d'emploi des cartouches comprimées au coton-poudre et au nitrate d'ammoniaque; par M. BRUNEAU, sous-ingénieur des poudres et salpêtres [1er mai 1891] 164

I. FABRICATION 165
Matières premières 165
Dosage, trituration 165
Grenage 165
Compression 166
Encartouchage 166
Emballage 167

II. PROPRIÉTÉS 168
Sensibilité au choc et à la chaleur 168
Sensibilité à l'amorce 169
Puissance 169

III. MODE D'EMPLOI 169

Recherches expérimentales sur la diffusion; par M. L. JOULIN, ingénieur en chef des poudres et salpêtres 171

INTRODUCTION 171
Méthode employée 172

§ I. CORPS POREUX 174
I. Absorption d'un gaz sec 175
Azote 175
Oxygène 175
Hydrogène 176
Acide carbonique 176
Ammoniaque 176
II. Absorption d'un mélange gazeux 177
Air ordinaire 177
$\frac{9}{10}$ oxygène + $\frac{1}{10}$ acide carbonique 177
$\frac{9}{10}$ air atmosphérique + $\frac{1}{10}$ acide carbonique 177
$\frac{9}{10}$ azote + $\frac{1}{10}$ acide carbonique 178
$\frac{1}{2}$ acide carbonique $\frac{1}{2}$ + hydrogène 178
III. Échanges entre des gaz condensés et une atmosphère limitée 178
IV. Mélanges de gaz et de vapeur 179

§ II. CORPS POREUX IMBIBÉS DE DIFFÉRENTS LIQUIDES 180
Charbon imbibé d'eau 180
Charbon imbibé d'alcool absolu 180
Charbon imbibé d'éther 181
Charbon imbibé de sulfure de carbone 181

III. LIQUIDES 181
Influence de la pression 181
Influence de la température 181

Digitized by Google

Pages.

§ IV. Fluides séparés par une membrane..... 182
Atmosphère gazeuse..... 182
A. Corps occlus : gaz..... 182
B. Corps occlus : liquide..... 182
C. Corps occlus : liquide tenant des gaz en dissolution.. 183
Atmosphère liquide tenant des gaz en dissolution et gaz occlus dans une membrane..... 183

§ V. Conclusions..... 184

Note sur la justesse du fusil modèle 1874; par M. A. Billardon, ingénieur en chef des poudres et salpêtres [15 août 1885]..... 192

Position des points d'impact en fonction de la vitesse initiale sur une cible à 200m..... 192
Premières constatations : relations entre la hauteur du point d'impact et la vitesse de la balle..... 193
De l'origine à partir de laquelle doivent être comptées les hauteurs. 193
Examen des causes de relèvement et d'abaissement..... 194
Action de la pesanteur..... 195
Relèvement produit par le trajet de la balle dans le canon..... 196
Des flexions et vibrations de l'arme..... 198
Courbes de justesse..... 201
De la justesse..... 203

Compte rendu des travaux de la Commission des substances explosives pendant l'année 1890..... 205

I. Analyse des rapports établis pendant l'année..... 205
Rapport n° 66. — Sur l'étude de la dynamite-paille..... 205
Rapport n° 67. — Sur l'étude des allumeurs de sûreté de MM. Davey, Bickford, Smith et Cie..... 207
Rapport n° 68. — Sur l'examen des demandes d'importation de dynamites, présentées par M. Faillie..... 209
II. Revue des travaux exécutés pendant l'année..... 210
Étude n° 5. — Étude des effets des chocs sur les composés explosifs azotés.... 210
Étude n° 44. — Mesure de la vitesse de transmission de la détonation dans les explosifs..... 210
Étude n° 47. — Étude de la dynamite-paille..... 211
Étude n° 66. — Étude des questions relatives à l'emploi des explosifs en présence du grisou..... 211
Études n°s 75, 83 et 85. — Examen des demandes d'importation de dynamites diverses, présentées par M. Faillie..... 212
Étude n° 81. — Étude des allumeurs de sûreté, présentés par MM. Davey, Bickford, Smith et Cie..... 212
Étude n° 82. — Emploi des explosifs dans les mines..... 213
Annexe. — Composition de la Commission des substances explosives au 31 décembre 1890..... 213

Digitized by Google

DEUXIÈME PARTIE.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

France.

Pages.

N° 96. — INSTRUCTIONS SUR LA FABRICATION DES POUDRES DE LA MARINE (Lettre collective n° 14 du 10 septembre 1887)..... *3

Instruction sur la fabrication de la poudre F_2, pour fusil modèle 1878 de la marine..... *3

Instruction sur la fabrication de la poudre de $2^{mm},5$ à 6^{mm}, pour canon de 65^{mm}..... *6

Instruction sur la fabrication de la poudre R pour canons-revolvers..... *8

Instruction sur la fabrication de la poudre A_{11}^{4} paraffinée. *11

Instruction sur la fabrication de la poudre A_{10}^{12} pour la marine..... *14

Instruction sur la fabrication de la poudre A_{10}^{10} pour la marine..... *17

Instruction sur la fabrication de la poudre prismatique brune pour canons de 37^{cm} à 42^{cm} (PB_1)..... *21

Instruction sur la fabrication de la poudre prismatique pour canons de 24^{cm} à 34^{cm} inclus (PB_2)..... *24

Instruction sur la fabrication de la poudre prismatique brune pour canons de 14^{cm} et de 16^{cm} (PB_3)..... *25

N° 97. — EXPLOSION SURVENUE, LE 5 JUILLET 1887, AU DÉPOT N° 3 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-MÉDARD (Lettre collective n° 19 du 29 octobre 1887)..... *26

N° 98. — EXPLOSION SURVENUE, LE 1er AOUT 1887, A L'USINE A MEULES N° 21 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-CHAMAS (Lettre collective n° 20 du 30 novembre 1887)..... *28

Rapport sur l'explosion de l'usine à meules n° 21 de la poudrerie nationale de Saint-Chamas (1er août 1887).... *30

N° 99. — INSTRUCTION SUR LA FABRICATION DE LA POUDRE PRISMATIQUE NOIRE (Lettre collective n° 23 du 30 décembre 1887)..... *32

Instruction provisoire sur la fabrication de la poudre prismatique noire..... *32

N° 100. — RÈGLEMENT DU 9 JANVIER 1888, POUR LE TRANSPORT, PAR CHEMINS DE FER, DES POUDRES DE GUERRE, DE MINE OU DE CHASSE ET DES MUNITIONS DE GUERRE..... *34

Digitized by Google

Pages.

N° 101. — ARRÊTÉ DU 9 JANVIER 1888, RELATIF AU TRANSPORT, PAR CHEMINS DE FER, DES MATIÈRES INFLAMMABLES OU EXPLOSIBLES, Y CLASSIFIÉES, AUTRES QUE LES POUDRES ET LES DYNAMITES..... *41

N° 102. — ARRÊTÉ DU 25 JANVIER 1888, FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION *52

N° 103. — EXPLOSION SURVENUE, LE 17 OCTOBRE 1887, DANS LE GRENOIR A RETOUR DE LA POUDRERIE DE SAINT-PONCE (Lettre collective n° 4 *bis* du 3 avril 1888)..... *55

Rapport sur l'explosion survenue, le 17 octobre 1887, dans l'usine n° 7 du grenoir à retour de la poudrerie nationale de Saint-Ponce..... *56

N° 104. — ARRÊTÉ DU 9 AVRIL 1888, MODIFICATIF DU RÈGLEMENT DU 10 JANVIER 1879, SUR LE TRANSPORT, PAR CHEMINS DE FER, DE LA DYNAMITE FABRIQUÉE SOIT PAR L'ÉTAT, SOIT PAR L'INDUSTRIE PRIVÉE..... *59

Règlement du 10 janvier 1879 pour le transport de la dynamite par chemins de fer..... *60

N° 105. — EXPLOSION SURVENUE, LE 27 FÉVRIER 1888, A L'USINE A MEULES N° 30, DE LA POUDRERIE NATIONALE D'ANGOULÊME (Lettre collective n° 11 du 29 mai 1888)..... *65

Rapport sur l'explosion survenue dans l'usine à meules n° 30 de la poudrerie nationale d'Angoulême (27 février 1888)..... *67

N° 106. — EXPLOSION SURVENUE, LE 3 MARS 1888, A L'USINE A MEULES N° 14 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE TOULOUSE (Lettre collective n° 12 du 29 mai 1888)..... *69

Rapport sur l'explosion de l'usine à meules n° 14 de la poudrerie nationale de Toulouse (3 mars 1888)..... *71

N° 107. — CONDITIONS DE RECETTE DE LA POUDRE A_{11}^{1} (Lettre collective n° 18 du 25 août 1888)..... *73

N° 108. — EXPLOSION SURVENUE, LE 9 MAI 1888, DANS LES USINES A MEULES N°s 18 ET 19 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-CHAMAS (Lettre collective n° 19 du 1er septembre 1888)..... *74

Rapport sur l'explosion des usines à meules n°s 18 et 19, survenue, le 9 mai 1888, à la poudrerie nationale de Saint-Chamas..... *76

N° 109. — INCENDIE SURVENU, LE 25 JUIN 1888, DANS LE LABORATOIRE DE LA COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES, A LA POUDRERIE NATIONALE DE SEVRAN-LIVRY (Lettre collective n° 20 du 1er septembre 1888)..... *80

Digitized by Google

Pages.

Rapport sur l'incendie survenu, le 25 juin 1888, au laboratoire de la Commission des substances explosives, à la poudrerie nationale de Sevran-Livry *81

N° 110. — INCENDIE SURVENU, LE 22 JUIN 1888, DANS UN SÉCHOIR A COTON DE LA POUDRERIE NATIONALE DU MOULIN-BLANC (Lettre collective n° 21 du 30 septembre 1888) *84

Rapport sur l'incendie survenu, le 22 juin 1888, au séchoir à coton de la poudrerie nationale du Moulin-Blanc *85

N° 111. — POUDRES DESTINÉES A L'EXPORTATION EN EMBALLAGES SPÉCIAUX (Lettre collective n° 22 du 4 octobre 1888)..... *89

N° 112. — EXPLOSION SURVENUE, LE 2 JUIN 1888, A L'USINE A MEULES N° 12 DE LA POUDRERIE NATIONALE DE SAINT-CHAMAS (Lettre collective n° 24 du 18 octobre 1888)..... *90

Rapport sur l'explosion de l'usine à meules n° 12, survenue le 2 juin 1888, à la poudrerie de Saint-Chamas..... *91

N° 113. — ARRÊTÉ DU 21 JANVIER 1889 FIXANT LES PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION..... *93

N° 114. — INCENDIE SURVENU, LE 23 AOUT 1888, DANS LE SÉCHOIR A COTON DE LA POUDRERIE NATIONALE D'ANGOULÊME (Lettre collective n° 1 du 11 février 1889)..... *95

Rapport sur l'incendie survenu, le 23 août 1888, au séchoir à coton de la poudrerie nationale d'Angoulême *98

N° 115. — INCENDIE AVEC EXPLOSION, SURVENU LE 21 SEPTEMBRE 1888, DANS LES ATELIERS A MÉLINITE DE LA POUDRERIE NATIONALE D'ESQUERDES (Lettre collective n° 5 du 27 avril 1889)..... *104

N° 116. — INCENDIE SURVENU, LE 3 MAI 1889, DANS LE BATIMENT *K* DE LA POUDRERIE NATIONALE DE TOULOUSE (Lettre collective n° 7 du 9 juin 1889)..... *107

N° 117. — STATISTIQUE DES ACCIDENTS (Lettre collective n° 8 du 12 juin 1889)..... *108

I. — Statistique des accidents survenus dans les poudreries nationales..... *109

II. — Statistique comparée des accidents dans les poudreries nationales françaises et dans diverses industries *110

N° 118. — CIRCULAIRE DU 20 JUIN 1889 RELATIVE AU TRANSPORT, PAR CHEMINS DE FER, DES MATIÈRES INFLAMMABLES OU EXPLOSIBLES, AUTRES QUE LES POUDRES ET LA DYNAMITE..... *111

Classification..... *112
Emballage..... *113
Chargement et transport..... *113

Digitized by Google

Pages.

N° 119. — EXPORTATION DES POUDRES DE GUERRE (Lettre collective n° 9 du 27 juillet 1889)..... *117

N° 120. — DISPOSITIONS RELATIVES A LA ZONE DES SERVITUDES AFFÉRENTES AUX POUDRERIES (Lettre collective n° 10 du 3 juillet 1889)... *117

Conseil d'État. — Section des finances, des postes et télégraphes, de la guerre, de la marine et des colonies. — N° 79 652. — Au sujet de la possibilité d'établir des servitudes légales autour des poudreries. (Question.) — M. le Gal Mojon, rapporteur. — Extrait du registre des délibérations de la section. — Séance du 10 juillet 1889. — Avis..... *119

Conseil d'État. — Section des finances, des postes et télégraphes, de la guerre, de la marine et des colonies. — N° 51 442. — Question au sujet du point de départ de la zone des servitudes afférentes aux nouveaux magasins à poudre. — M. Mojon, rapporteur. — Adopté le 18 juin 1884. — Note..... *120

N° 121. — EXPLOSION SURVENUE, LE 15 FÉVRIER 1889, A L'USINE TERNAIRE N° 12 DE LA POUDRERIE NATIONALE D'ANGOULÊME (Lettre collective n° 11 du 1er août 1889)..... *121

Rapport sur l'explosion survenue, le 15 février 1889, à l'usine 12 (tonnes ternaires) de la poudrerie nationale d'Angoulême..... *123

N° 122. — DÉCRET DU 12 AOUT 1889, FIXANT LES PRIX DE VENTE DE DEUX NOUVELLES POUDRES DE MINE A BASE DE NITRATE D'AMMONIAQUE ET DE NITRATE DE SOUDE..... *133

DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES. — POUDRES A FEU. — MISE EN VENTE DE DEUX NOUVEAUX TYPES DE POUDRE DE MINE (Circulaire n° 567 du 22 août 1889)..... *134

N° 123. — MISE EN VENTE D'UN NOUVEAU TYPE DE POUDRE DE MINE A BASE DE COTON-POUDRE ET DE NITRATE D'AMMONIAQUE. — DIRECTION GÉNÉRALE DES CONTRIBUTIONS INDIRECTES. (Circulaire n° 571 du 10 octobre 1889)..... *135

N° 124. — DÉTERMINATION DU TAUX D'HUMIDITÉ DES POUDRES DE LA MARINE (Lettre collective n° 15 du 30 novembre 1889)..... *136

Instruction sur la détermination du taux d'humidité des poudres de la marine..... *136

A. Matériel nécessaire..... *136

B. Détail des opérations..... *137

Observations..... *137

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE.

(On a marqué en **caractères gras** les noms d'auteurs, en PETITES CAPITALES les titres des articles et documents, en *italiques* toutes les autres indications.)

ACCIDENTS : statistique, *108; — v. Explosions, Incendies.
Angoulême : explosion, *65, *121; — incendie, *95.
ARRÊTÉ DU 9 JANVIER 1888, RELATIF AU TRANSPORT, PAR CHEMINS DE FER, DES MATIÈRES INFLAMMABLES OU EXPLOSIBLES, Y CLASSIFIÉES, AUTRES QUE LES POUDRES ET LES DYNAMITES : *41.
ARRÊTÉ DU 25 JANVIER 1888, FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION : *52.
ARRÊTÉ DU 9 AVRIL 1888, MODIFICATIF DU RÈGLEMENT DU 10 JANVIER 1879, SUR LE TRANSPORT, PAR CHEMINS DE FER, DE LA DYNAMITE FABRIQUÉE SOIT PAR L'ÉTAT, SOIT PAR L'INDUSTRIE PRIVÉE : *59.
ARRÊTÉ DU 21 JANVIER 1889, FIXANT LE PRIX DE VENTE DES POUDRES A FEU DESTINÉES A L'EXPORTATION : *93.

Berthelot : Note sur l'onde explosive, sur les données caractéristiques de la détonation et sa vitesse de propagation dans les corps solides et liquides, et spécialement dans le nitrate de méthyle, 7.
Biffe : Note sur la préparation de l'éther à la fabrique de Bordeaux (annexe de la raffinerie nationale), 32.
Billardon (A.) : Note sur la justesse du fusil modèle 1874, 192.
Bordeaux : préparation de l'éther, 32.
Bruneau : Note sur la fabrication, les propriétés et le mode d'emploi des cartouches comprimées au coton-poudre et au nitrate d'ammoniaque, 164.
Brunes (Poudres prismatiques) : PB_1, PB_4, PB_5, v. Poudres de la marine.

Canon (Poudres à) : v. Poudres à canon.
Cartouches comprimées : au coton-poudre et au nitrate d'ammoniaque, 164.
Chartron : Note sur la fabrication des poudres de mine aux nitrates d'ammoniaque et de soude à la poudrerie nationale d'Esquerdes, 159.
Chasse (Fusils de) : tir, 40.
Chasse (Poudres de) : v. Poudres de chasse.
Chemins de fer : v. Transport.
CIRCULAIRE DU 20 JUIN 1889 RELATIVE AU TRANSPORT, PAR CHEMINS DE FER, DES

Digitized by Google

MATIÈRES INFLAMMABLES OU EXPLOSIBLES, AUTRES QUE LES POUDRES ET LA DYNAMITE : *111.

Commission des substances explosives : Compte rendu des travaux pendant l'année 1890, 205; — incendie au laboratoire de Sevran-Livry, *30.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX DE LA COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES PENDANT L'ANNÉE 1890 : 205.

CONDITIONS DE RECETTE DE LA POUDRE $A\frac{5}{11}$: *73.

Coton : incendie au séchoir, *84, *95.

Coton-poudre : fabrication au Moulin-Blanc, 23; — cartouches comprimées, 164, *135; — explosion, *26.

Covolume des gaz : 20.

DÉCRET DU 12 AOUT 1889, FIXANT LE PRIX DE VENTE DES DEUX NOUVELLES POUDRES DE MINE A BASE DE NITRATE D'AMMONIAQUE ET DE NITRATE DE SOUDE : *133.

DE L'INFLUENCE DU COVOLUME DES GAZ SUR LA VITESSE DE PROPAGATION DES PHÉNOMÈNES EXPLOSIFS [Vieille] : 20.

Dépôt de coton-poudre : explosion, *26.

DÉTERMINATION DU TAUX D'HUMIDITÉ DES POUDRES DE LA MARINE : *136.

Diffusion : recherches expérimentales, 171.

DISPOSITIONS RELATIVES A LA ZONE DES SERVITUDES AFFÉRENTES AUX POUDRERIES : *117.

Dynamite : transport par chemin de fer, *59, *60.

Emballages spéciaux : poudres d'exportation, *89.

Esquerdes : fabrication des poudres de mine aux nitrates d'ammoniaque et de soude, 159; — explosion, *104.

Éther : préparation à la fabrique de Bordeaux, 32.

Explosibles (*Matières*) : transport par chemin de fer, *41, *111.

EXPLOSIONS : dépôt de coton-poudre à Saint-Médard (5 juillet 1887), *26; — usine à meules n° 21 de Saint-Chamas (1er août 1887), *28; — grenoir à retour n° 7 de Saint-Ponce (17 octobre 1887), *55; — usine à meules n° 30 d'Angoulême (27 février 1888), *65; — usine à meules n° 14 de Toulouse (3 mars 1888). *69; — usines à meules nos 18 et 19 de Saint-Chamas (9 mai 1888), *74; — usine à meules n° 12 de Saint-Chamas (2 juin 1888), *90; — ateliers à mélinite d'Esquerdes (21 septembre 1888), *104; — usine ternaire n° 12 d'Angoulême (15 février 1889), *121; — v. Incendies, Accidents.

EXPORTATION DES POUDRES DE GUERRE : *117.

Exportation (*Poudres d'*) : v. Poudres d'exportation.

Fusil mod. 1874 : justesse, 192.

Fusils de chasse : tir, 40.

Grenoir à retour : explosion, *55.

Guerre (*Poudres de*) : v. Poudres de guerre.

Guinot : Note sur les perfectionnements apportés à la fabrication du coton-poudre de guerre à la poudrerie nationale du Moulin-Blanc, 23.

Humidité : détermination pour les poudres de la marine, *136.

Digitized by Google

INCENDIES : laboratoire de la Commission des substances explosives à Sevran-Livry (25 juin 1888), *80; — séchoir à coton du Moulin-Blanc (22 juin 1888), *84; — séchoir à coton d'Angoulême (23 août 1888), *95; — ateliers à mélinite d'Esquerdes (21 septembre 1888), *104; — bâtiment *K* de Toulouse (3 mai 1889), *107; — v. Explosions, Accidents.
Inflammables (*Matières*) : transport par chemins de fer, *41, *111.
INSTRUCTION SUR LA FABRICATION DE LA POUDRE PRISMATIQUE NOIRE : *32.
INSTRUCTIONS SUR LA FABRICATION DES POUDRES DE LA MARINE : *3.

Joulin (L.) : Recherches expérimentales sur la diffusion, 171.
Journée : Mémoire sur le tir des fusils de chasse (suite et fin), 40.
Justesse : fusil mod. 1874, 192.

Laboratoire : incendie, *80.
Le Moulin-Blanc : v. Moulin-Blanc.

Marine (*Poudres de la*) : v. Poudres de la marine.
Matières inflammables ou explosibles : transport par chemins de fer (9 janvier 1888 et 20 juin 1889), *41, *111.
Mélinite : explosion, *104.
MÉMOIRE SUR LE TIR DES FUSILS DE CHASSE (SUITE ET FIN) [Journée] : 40.
Meules (*Usines à*) : explosions, *28, *65, *69, *74, *90.
Mine (*Poudres de*) : v. Poudres de mine.
MISE EN VENTE : poudres de mine à base de nitrate d'ammoniaque et de nitrate de soude, *133; — cartouches comprimées à base de coton-poudre et de nitrate d'ammoniaque, *135.
Moulin-Blanc (*Le*) : fabrication du coton-poudre, 23; — incendie, *84.
Munitions de guerre : transport par chemins de fer, *34.

Nitrate d'ammoniaque : poudre de mine, 159, *133; — cartouches comprimées, 164, *135.
Nitrate de soude : poudre de mine, 159, *133.
Noire (*Poudre prismatique*) : *32.
NOTE SUR LA FABRICATION, LES PROPRIÉTÉS ET LE MODE D'EMPLOI DES CARTOUCHES COMPRIMÉES AU COTON-POUDRE ET AU NITRATE D'AMMONIAQUE [Bruneau] : 164.
NOTE SUR LA FABRICATION DES POUDRES DE MINE AUX NITRATES D'AMMONIAQUE ET DE SOUDE A LA POUDRERIE NATIONALE D'ESQUERDES [Chartron] : 159.
NOTE SUR LA JUSTESSE DU FUSIL MODÈLE 1874 [A. Billardon] : 192.
NOTE SUR LA PRÉPARATION DE L'ETHER A LA FABRIQUE DE BORDEAUX (ANNEXE DE LA RAFFINERIE NATIONALE) [Biffe] : 32.
NOTE SUR LES PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS A LA FABRICATION DU COTON-POUDRE DE GUERRE A LA POUDRERIE NATIONALE DU MOULIN-BLANC [Guinot] : 23.
NOTE SUR L'ONDE EXPLOSIVE, SUR LES DONNÉES CARACTÉRISTIQUES DE LA DÉTONATION ET SA VITESSE DE PROPAGATION DANS LES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES, ET SPÉCIALEMENT DANS LE NITRATE DE MÉTHYLE [Berthelot] : 7.

Onde explosive : 7.

Digitized by Google

Poudreries : zone des servitudes, *117.
Poudres à canon : v. Poudres de la marine; — explosion, *28.
Poudres à fusil : fabrication de la poudre F_2, *3; — explosion de poudre RFG_2, *74.
Poudres de chasse : Mémoire du capitaine Journée, 40; — transport par chemins de fer, *34; — explosion, *55.
Poudres de guerre : transport par chemins de fer, *34; — exportation, *117.
Poudres de la marine : Instructions sur la fabrication et conditions de recette : poudre F_2 pour fusil modèle 1878, *3; — poudre de $2^{mm},5$ à 6^{mm} pour canon de 65^{mm}, *6; — poudre R pour canons-revolvers, *8; — poudre $A_{\frac{1}{1}}^{\frac{1}{1}}$ paraffinée pour canons de 10^{cm} et de 14^{cm}, *11, *73; — poudre $A_{\frac{1}{16}}^{\frac{1}{16}}$ pour canons de 10^{cm} et de 14^{cm}, *14; — poudre $A_{\frac{1}{40}}^{\frac{1}{40}}$ pour canons 27^{cm}, de 32^{cm} et de 34^{cm}, *17; — poudre PB_1 pour canons de 37^{cm} à 42^{cm}, *23; — poudre PB_2 pour canons de 24^{cm} à 34^{cm}, *24; — poudre PB_3 pour canons de 14^{cm} et 16^{cm}, *25; — poudre prismatique noire, *32; — détermination du taux d'humidité, *136.
Poudres de mine : aux nitrates d'ammoniaque et de soude, fabrication à Esquerdes, 159; — transport par chemins de fer, *34; — explosions, *65, *90, *121; — mise en vente et prix des poudres aux nitrates d'ammoniaque et de soude, *133; — mise en vente des cartouches comprimées à base de coton-poudre et de nitrate d'ammoniaque, *135.
Poudres destinées a l'exportation en emballages spéciaux : *89.
Poudres d'exportation : v. Prix de vente; — emballages spéciaux, *89.
Poudres prismatiques : brunes et noire, v. Poudres de la marine.
Prismatiques (Poudres) : brunes et noire, v. Poudres de la marine.
Prix de vente : poudres d'exportation (1888), *52; — poudres d'exportation (1889), *93; — poudres de mine au nitrate d'ammoniaque et au nitrate de soude (12 août 1889), *133; — cartouches comprimées au coton-poudre et au nitrate d'ammoniaque, *135.

Recette (Conditions de) : v. Poudres de la marine.
Recherches expérimentales sur la diffusion [L. Joulin] : 171.
Règlement du 9 janvier 1888, pour le transport, par chemins de fer, des poudres de guerre, de mine ou de chasse et des munitions de guerre, *34.

Saint-Chamas : explosions, *28, *74, *90.
Saint-Médard : explosion, *26.
Saint-Ponce : explosion, *55.
Séchoir à coton : incendies, *84, *95.
Servitudes : afférentes aux poudreries, *117.
Sevran-Livry : incendie, *80.
Statistique des accidents : *108.

Taux d'humidité : v. Humidité.
Ternaire (Usine) : explosion, *121.
Toulouse : explosion, *69; — incendie, *107.
Transport par chemins de fer : poudres de guerre, de mine ou de chasse et munitions de guerre (9 janvier 1888), *34; — matières inflammables ou explosibles autres que les poudres et les dynamites (9 juin 1888 et 20 juin 1889), *41, *111; — dynamite (10 janvier 1879, 9 avril 1888), *59, *60.

Digitized by Google

Usines à meules : v. Meules.
Usine ternaire : explosion, *121.

Vente : v. Mise en vente, Prix de vente.
VIEILLE : De l'influence du covolume des gaz sur la vitesse de propagation des phénomènes explosifs, 20.

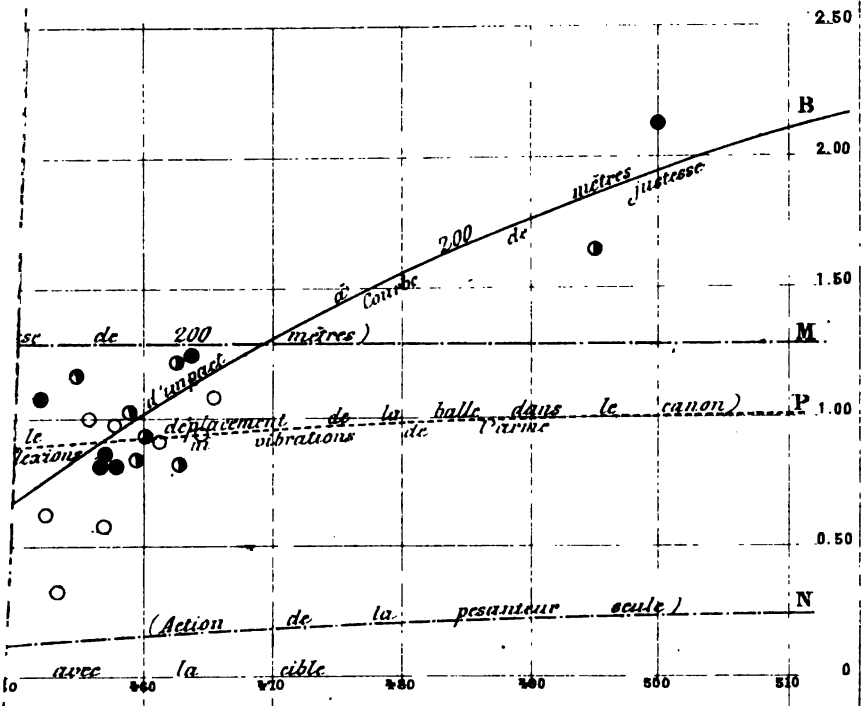
Zone des servitudes : afférentes aux poudreries, *117.

17251 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS ET FILS, quai des Grands-Augustins, 55.

Digitized by Google

ERDES

Billardon



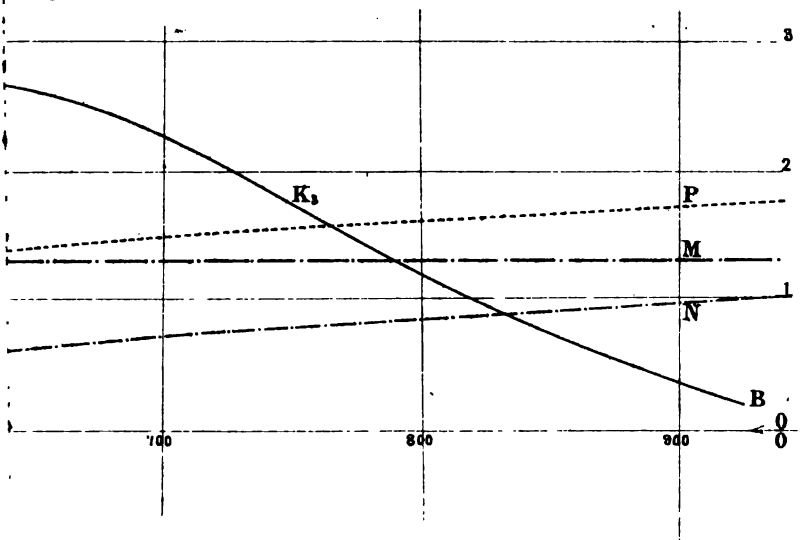
Digitized by Google

Digitized by Google

ERDES

Billardon

200m



Légende.

s abscisses donnent les vitesses à 26m00. — Echelle 0m00035 p.m.
e ordonnées donnent les hauteurs d'impact — *d°* — 0m0175 p.m

ints ou l'axe du canon prolongé rencontre la cible à 800 mètres, ligne de mire étant dirigée sur l'axe **00**.

ints de chute pour le cas où la direction initiale de la tangente la trajectoire serait la direction de l'axe du canon, la ligne de ire passant par l'axe **00**.

ints de chûte relevés de 0m756, en raison du déplacement du fusil vsidéré comme un solide invariable et en conséquence du trajet de balle dans le canon.

ints d'impact réels ou courbe de justesse.

portion $A_1K_2B_1$ *de la courbe de justesse entre les vitesses de 360m de 500 a seule été établie par expérience*

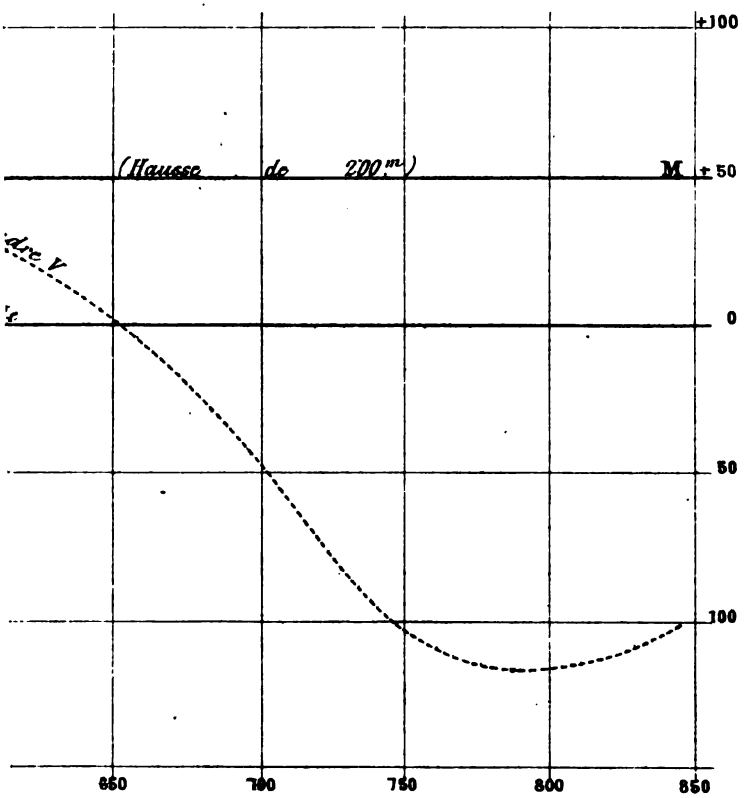
Digitized by Google

Digitized by Google

ERDES

Billardon

yen à 100 mètres



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google